

SARKOPENIAN ESIINTYVYYS JA VAIKEUSASTE 70–85- VUOTIAILLA HENKILÖILLÄ (PASSWORD-TUTKIMUS)

Onni Hämäläinen

Fysioterapian pro gradu -tutkielma

Liikuntatieteellinen tiedekunta

Jyväskylän yliopisto

Kevät 2022

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	7
2	IKÄÄNTYMINEN JA FYYSINEN TOIMINTAKYKY	9
2.1	Fysiologiset muutokset.....	10
2.2	Iäkkäiden henkilöiden fyysisen toimintakyvyn arviointi	13
2.3	Muutokset fyysisessä toimintakyvyssä.....	15
2.4	Lihัสvoiman ja massan mittaaminen.....	16
2.5	Muutokset lihasvoimassa ja massassa	18
3	SARKOPENIA.....	20
3.1	Patofysiologia	20
3.2	Määrittäminen.....	23
3.3	Esiintyvyys	26
3.4	Terveyshaitat ja kustannukset.....	28
3.5	Ehkäisy ja hoito	30
4	TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSKYSYMYKSET	32
5	AINEISTO JA TUTKIMUSMENETELMÄT	33
5.1	Mittausmenetelmät ja tulosmuuttujat	34
5.2	Aineiston analysointimenetelmät	37
6	TULOKSET	38
6.1	Sarkopenian esiintyvyys	39
6.2	Sarkopenian vaikeusastetta kuvaavien ryhmien väliset erot	41
7	POHDINTA.....	46
7.1	Sarkopenian esiintyvyys.....	46
7.2	Sarkopenian vaikeusastetta kuvaavien ryhmien väliset erot	49

7.3 Tutkimuksen vahvuudet ja heikkoudet.....	50
8 JOHTOPÄÄTÖKSET	52
LÄHTEET	53

TIIVISTELMÄ

Hämäläinen, O. 2022. Sarkopenian esiintyvyys ja vaikeusaste 70–85-vuotiailla henkilöillä (PASSWORD-tutkimus). Liikuntatieteellinen tiedekunta, Jyväskylän yliopisto. Fysioterapian pro gradu -tutkielma, 63 sivua.

Sarkopenia on ikääntymiseen liittyvä sairaus, joka johtaa lihaskatoon ja lihasvoiman heikkenemiseen ja on yksi tärkeimmistä terveysongelmista ikääntyneillä ihmisillä. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää sarkopenian esiintyvyyttä jyvaskyläläisten iäkkäiden kotona asuvien väestössä. Sarkopenian esiintyvyyden arvioimiseksi henkilöt luokiteltiin lihasvoiman ollessa normaali ei sarkopenia ryhmään (ES), alentuneen lihasvoiman perusteella mahdollinen sarkopenia ryhmään (MS) ja alentuneen lihasvoiman sekä lihasmassan perusteella sarkopenia ryhmään (SR). Lisäksi ryhmien välisiä eroja tarkasteltiin iässä, kehonkoostumuksessa, toimintakyvyssä ja objektiivisesti mitatussa fyysisessä aktiivisuudessa. Sarkopenian määrittämiseksi käytettiin Euroopan sarkopeniatyöryhmän suosituksia.

Tutkimus toteutettiin poikkileikkaustutkimuksena PASSWORD-liikuntainterventio-tutkimuksen aineistosta, joka koostui jyvaskyläläisistä kotona asuvista 70–85-vuotiaista miehistä (n = 126) ja naisista (n = 188). Tutkittavat liikkuvat alle liikkumissuosituksen (< 150 min/vko) ja olivat kykeneviä osallistumaan liikuntainterventioon. Lihasvoimaa arvioitiin puristusvoima- ja tuoliltanousutesteillä. Lihas- ja rasvamassaa arvioitiin kaksiennergisellä röntgenabsorptiomittauksella (dual energy x-ray absorptiometry, DXA). Toimintakykyä arvioitiin lyhyellä fyysisen suorituskyvyn testistöllä (short physical performance battery, SPPB) sekä tavanomaisen kävelynopeuden ja 6 minuutin kävelytesteillä. Fyysistä aktiivisuutta mitattiin seitsemän vuorokauden kiihtyvyyssanturimittauksella.

Sarkopeniaa, eli alentunutta lihasvoimaa ja -massaa esiintyi miehistä kahdeksalla (6 %) ja naisista viidellä (3 %). Pelkästään alentunut lihasvoima (MS) todettiin miehistä 24:lla (19 %) ja naisista 93:lla (49 %). MS ryhmään kuuluvilla oli alhaisempi kävelynopeus (miehet 14 % ja naiset 8 %), lyhyempi 6 minuutin kävelymatka (miehet 11 % ja naiset 10 %) ja alhaisemmat SPPB pisteet (miehet 26 % ja naiset 18 %) verrattuna ES ryhmään ($p < 0.05$ – 0.005). Lisäksi naiset olivat MS ryhmässä 1,5 vuotta iäkkäämpiä ($p < 0.05$) ja heillä oli 26 % vähäisempi päivittäinen reippaan ja rasittavan liikunnan määrä ($p < 0.05$) verrattuna ES ryhmään. SR ryhmään kuuluneilla miehillä oli alentunut toimintakyky kaikissa testeissä ($p < 0.05$), kun taas naisilla pelkästään SPPB pistemäärä oli alentunut 11 % verrattuna ES ryhmään ($p < 0.05$).

Tutkimuksen aineistossa sarkopenian esiintyvyys on vähäinen, mutta yhä useammalla, etenkin naisista lihasvoima on alle kynnyksarvon. Alentuneeseen lihasvoimaan liittyvien terveyshaittojen ja sarkopenian ehkäisemiseksi on tärkeä edistää vähän liikkuvien, kotona asuvien iäkkäiden henkilöiden liikkumistottumuksia ja motivoida heitä voimaharjoitteluun.

avainsanat: sarkopenia, esiintyvyys, kotona-asuvat, ikääntyneet

ABSTRACT

Hämäläinen, O. 2022. Prevalence and severity of sarcopenia in 70–85-year-old Finnish population (PASSWORD-study). The Faculty of Sport and Health Sciences, University of Jyväskylä. Master's thesis in physiotherapy, 63 pp.

Sarcopenia is muscle disorder with progressive and generalized loss of muscle strength and muscle mass. It is associated with major health problems in elderly people. This study investigated the prevalence of sarcopenia and its severity in home-dwelling 70–85-years-old men and women living in Jyväskylä. Population was divided according to normal muscle strength, low muscle strength, and both low muscle strength and muscle mass to non-sarcopenic, probable sarcopenia and sarcopenia groups, respectively. In addition, the differences between groups were assessed according to age, body composition, physical performance, and objectively measured physical activity. European Working Group on Sarcopenia in Older People guidelines were used to estimate the prevalence of sarcopenia.

This study was conducted as a cross-sectional study using PASSWORD study database. Participants in the PASSWORD study were 70–85-years old men ($n = 126$) and women ($n = 188$) living independently in their homes. One inclusion criterion to study was that the individuals did not reach the amount of physical activity according to the current guidelines. Maximal isometric grip strength and 5-times sit to stand tests were used to evaluate muscle strength. In addition, dual energy x-ray absorptiometry (DXA), short physical performance battery (SPPB), walking speed, 6-minutes walking test and accelerometer measurements were used to assess muscle and fat mass, physical performance, and physical activity.

Prevalence of sarcopenia (low muscle strength and mass) was 6 % in men and 3 % in women. One fifth of the men and half of the women had low muscle strength only (possible sarcopenia). In possible sarcopenia group men and women had lower gait speed (men 14 % and women 8 %), walking distance (men 11 % and women 10 %) and SPPB results (men 26 % and women 18 %) compared to non-sarcopenic group ($p < 0.05$ – 0.005). Women in possible sarcopenia group had 1,5-years higher age ($p < 0.05$) and 26 % lower moderate to vigorous physical activity per day ($p < 0.05$) compared to non-sarcopenic group. In sarcopenia group men had lower physical performance in every physical performance test ($p < 0.05$), when women had only lower SPPB results (11 %) compared to non-sarcopenic group ($p < 0.05$).

In conclusion, the results of this study showed that prevalence of sarcopenia was low in this sample of Finnish aged population. Instead, the prevalence of low muscle strength was high. Since low muscle strength is associated with increased risks of health-related problems, it is important to target effective exercise training interventions to promote active lifestyle and improved quality of life.

Keywords: sarcopenia, prevalence, home-dwelling, elderly people

KÄYTETYT LYHENTEET

ASMI	appendicular skeletal muscle mass index, pituuteen suhteutettu raajojen lihasmassa
ASMM	appendicular skeletal muscle mass, raajojen lihasmassa
AWGS	Asian working group on sarcopenia, Aasian sarkopeniatyöryhmä
BIA	bioelectrical impedance analysis, bioimpedanssimittaus
BMI	body mass index, kehon massaindeksi
CI	confidence interval, luottamusväli
CT	computed tomography scan, tietokonetomografia
DXA	dual-energy x-ray absorptiometry, kaksienenergiainen röntgenabsorptiometria
ES	ei sarkopeniaa
EWGSOP	European working group on sarcopenia in older people, Euroopan sarkopeniatyöryhmä
FNIH	the foundation for the national institute, kansainvälinen terveystieteiden instituutti
HR	hazard ratio
IWGS	international sarcopenia working group, kansainvälinen sarkopeniatyöryhmä
KA	keskiarvo
MD	mean difference, keskiarvoero
MRI	magnetic resonance imaging, magneettikuvaus
MS	mahdollinen sarkopenia
OR	odds ratio
SR	sarkopenia
SD	standard deviation, keskihajonta
SPPB	short physical performance battery, lyhyt fyysisen suorituskyvyn testistö
TUG	timed up and go, tuolilta nousu ja kävely testi
VO ₂ max	maximal oxygen consumption, maksimaalinen hapenottokyky
VSR	vaikea sarkopenia
6MWT	six minute walking test, kuuden minuutin kävelytesti

1 JOHDANTO

Maailmanlaajuisesti väestön ikääntyminen kiihtyy ja arvioiden mukaan vuonna 2050 joka kuudes, eli noin 1,5 miljardia ihmistä on yli 65-vuotias. Samalla odotettu elinikä kasvaa. (United Nations 2019). Eliniän pidentyessä terveiden elinvuosien määrä ei kuitenkaan kasva samassa suhteessa. Esimerkiksi suomalaisilla yli 65-vuotiailla terveiden elinvuosien osuus on tällä hetkellä noin 40–50 prosenttia odotetuista jäljellä olevista elinvuosista (OECD 2017). Yksi merkittävä iäkkäiden toimintakykyä ja terveyttä heikentävä tekijä on lihasvoiman ja lihasmassan aleneminen, mikä aiheutuu ikääntymiseen liittyvistä primäärisistä ja sekundaarisista tekijöistä (Tieland ym 2018). Kun lihasvoima ja lihasmassa laskevat alle määriteltyjen raja-arvojen, voidaan tilaa kutsua sarkopeniaksi eli lihaskadoksi (Cruz-Jentoft ym. 2019).

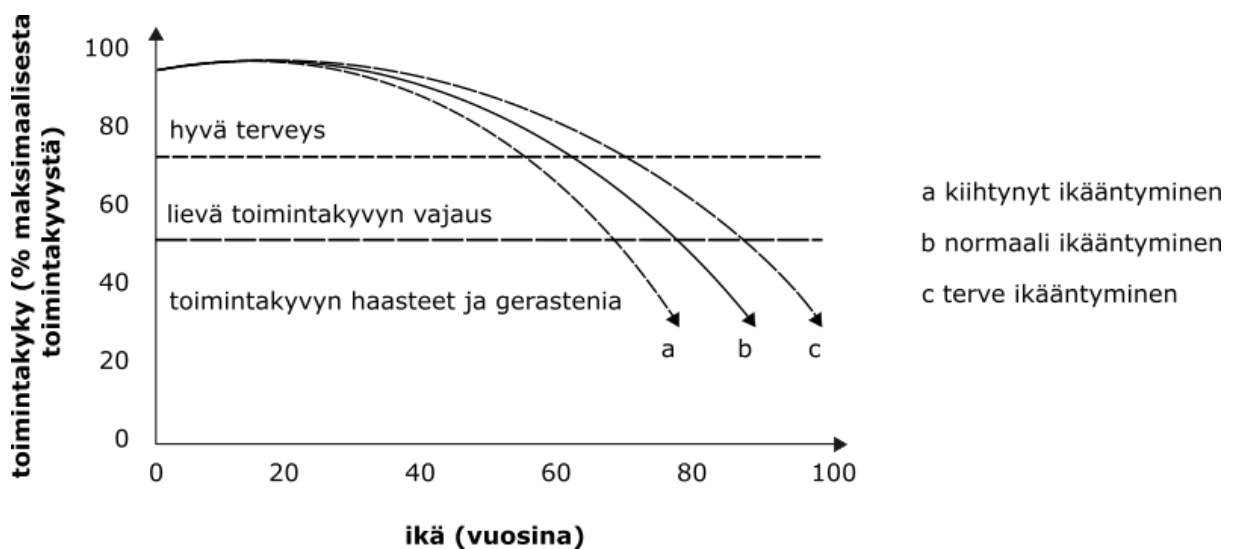
Sarkopenialla on yksilön kannalta merkittävä vaikutus, sillä se on yhteydessä erilaisiin päätetapahtumiin, kuten kohonneeseen riskiin kaatumisille ja murtumille, fyysisen toimintakyvyn heikkouksiin, sydän- ja hengityselinsairauksiin, heikentyneeseen elämänlaatuun ja lisääntyneeseen kuolleisuuteen (Cruz-Jentoft ym. 2019). Sarkopenialla on myös merkittävä vaikutus terveydenhuollon kustannuksiin, sillä alentunut lihasvoima ja sarkopenia lisäävät riskiä sairaalaan joutumiselle, sairaalassaolon hoitokustannuksia sekä vuotuisia hoitokustannuksia (Antunes ym. 2017; Steffl ym. 2017a). Sarkopeniaa voidaan ennaltaehkäistä, viivästyttää ja peruuttaa aikaisilla ja tehokkailla interventioilla ja siksi sen seulominen on tärkeää (Cruz-Jentoft ym. 2019).

Sarkopenian kliiniseen määrittämiseen on luotu eri väestöille tarkoitettuja raja-arvoja ja toimintaohjeita, joiden mukaan sarkopeniaa voidaan seuloa (Chen ym. 2020; Cruz-Jentoft ym. 2019; Dam ym. 2014; Fielding ym. 2011). Seulominen etenee uusimman tutkimustiedon perusteella luotujen määritelmien mukaan lihasvoiman arvioinnista lihasmassan ja lopulta toimintakyvyn arviointiin (Chen ym. 2020; Cruz-Jentoft ym. 2019). Sarkopenian esiintyvyys vaihtelee tutkimusten, populaatioiden ja käytettyjen määritelmien mukaan laajasti ja siksi on tärkeää käyttää yhteisesti määriteltyjä kriteerejä ja esittää populaatiot tarkasti sarkopenian seulomiseksi (Cruz-Jentoft ym. 2014).

Tässä pro gradu -tutkielmassa tarkastellaan sarkopenian esiintyvyyttä PASSWORD-tutkimuksessa kerätyn Jyväskylän väestötöksen aineistossa vuonna 2019 julkaistun Euroopan sarkopeniatyöryhmän määritelmien ja raja-arvojen mukaan. Lisäksi tutkimus kuvaa vähän liikkuvien, kotona asuvien iän, kehonkoostumuksen ja toimintakyvyn eroja sarkopenian vaikeusastetta kuvaavien ryhmien välillä. Tutkimus on osa Jyväskylän yliopiston liikuntatieteellisen tiedekunnan gerontologian oppiaineen toteuttamaa PASSWORD-liikuntainterventiotutkimusta.

2 IKÄÄNTYMINEN JA FYYSINEN TOIMINTAKYKY

Ikääntymisen myötä muutokset hermolihasjärjestelmässä, eli keskus- ja ääreishermostossa ja lihaksissa heikentävät hermolihasjärjestelmän toimintaa, mikä voi johtaa lihaksen toiminnan heikkenemiseen (Tieland ym. 2018). Nämä muutokset yhdessä muiden tuki- ja liikuntaelimestön toimintaan, ravinteiden kulkeutumiseen ja kognitiivisiin prosesseihin vaikuttavien muutosten kanssa voivat heikentää henkilön fyysistä toimintakykyä, kuten kävelyä ja liikkumista ja päivittäisistä toiminnoista selviytymistä (Distefano & Goodpaster 2018; Tieland ym. 2018; Boyer ym. 2017; Mitchell ym. 2012). Muutokset maksimaalisessa toimintakyvyssä ja fyysisen toimintakyvyn haasteissa voivat vaihdella yksilöiden välillä ikääntymiseen liittyvien erojen takia (kuva 1) (McPhee ym. 2016).



KUVA 1. Ikääntymisen vaikutuksia fyysiseen toimintakykyyn. Ylempi poikkiviiva kuvaa tasoa, jonka alapuolella toimintakyvyn aleneminen näkyy lievänä toimintakyvyn haasteina. Alempi poikkiviiva kuvaa raja-arvoa, jonka alapuolella henkilöllä voi esiintyä toimintakyvyn haasteita ja gerasteniaa (vanhuuteen liittyvä uupumus ja heikkous). Kaarevat viivat kuvaavat kiihtynyttä, normaalia ja tervettä ikääntymistä (mukaillen McPhee ym. 2016).

2.1 Fysiologiset muutokset

Muutokset hermolihasjärjestelmässä ovat yksilöllisiä, ja niihin vaikuttavat suoraan ja epäsuorasti erilaiset elämäntavat sekä biologiset ja psykososiaaliset tekijät. Näitä tekijöitä ovat muun muassa fyysinen aktiivisuus ja ravitsemus, geenit ja hormonit, matala-asteinen tulehdustila ja esimerkiksi kaatumisen pelko ja kyky sopeutua haasteisiin ja muutoksiin (Tieland ym. 2018).

Keskushermostotasolla on havaittu ikääntymiseen liittyvää aivokuoren ohenemista etenkin motorisen aivokuoren alueella, aivojen valkoisen aineen ja myeliinitupellisten hermosolujen määrän alenemista ja valkoisen aineen integraation heikkenemistä (Clark & Taylor 2011). Tutkimusten mukaan motorisen aivokuoren hermosolujen määrä ja koko alenevatkin noin 40 prosenttia 80-ikävuoteen mennessä (Hunter ym. 2016). Nämä muutokset, yhdessä muiden aivoissa tapahtuvien muutosten kanssa vaikuttavat aivokuorien väliseen ja kortikospinaaliseen yhteyteen ja monella eri tavalla heikentävästi lihasten toimintakykyyn, lihasvoimaan, uupumuksen sietokykyyn ja lihashallintaan (Hunter ym. 2016; Clark & Taylor 2011).

Iän myötä myös lihassoluja hermottavien liikehermosolujen johtumisnopeus alenee ja niiden määrässä tapahtuu asteittaista vähenemistä solukuoleman takia (Aagard ym. 2010). Johtumisnopeuden alenemiseen vaikuttavat suurimpien aksonien häviäminen, myeliinin vähentyminen sekä Ranvierin kuroumien lyhentyminen (Aagard ym. 2011). Aikaisemman tutkimuksen perusteella alaraajoja hermottavien liikehermosolujen määrä alenee 20–90 ikävuoden välillä keskimäärin 25 % ja joillakin yksilöillä jopa 50 % (Tomlinson & Irving 1977). Liikehermosolujen kuoleman myötä, liikehermosolun hermottamista lihassoluista osa liittyy haara-aksonien kautta toisen olemassa olevan, usein hitaan liikehermosolun hermottamiksi. Näin motoristen yksiköiden, eli yhdestä liikehermosolusta ja sen hermottamista lihassoluista koostuvien yksiköiden määrä vähenee ja koko kasvaa ja lihassolut ryhmittyvät uudelleen hitaan liikehermosolun hermottamiksi (Distefano & Goodpaster 2018; Hunter ym. 2016). Kun motoristen yksiköiden määrä laskee alle kriittisen rajan, alkaa lihasvoima ja myös toimintakyky heiketä merkittävästi noin 70–80 ikävuoden välillä (Aagard ym. 2010). Campbellin ym. (1973) tutkimuksessa 60–96-vuotiaiden henkilöiden alaraajan lihasten

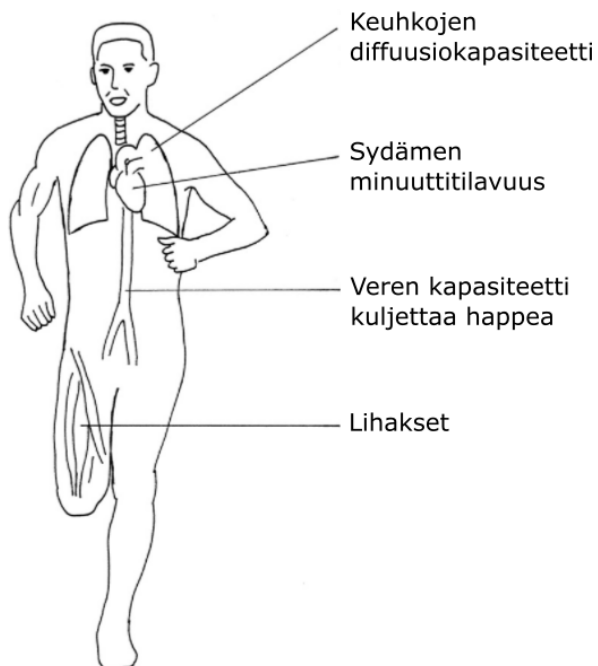
(extensor digitorum brevis) motoristen yksiköiden määrä oli enää noin 30 % verrattuna nuorten 3–60-vuotiaiden motoristen yksiköiden määrään. Motoristen yksiköiden määrässä ei ollut eroa 3–58-vuotiaiden välillä (Campbell ym. 1973).

Lihaksissa tapahtuu iän myötä muutoksia lihassolujen määrässä ja koossa. Etenkin nopeasta ja maksimaalisesta voimantuotosta vastaavien II-tyypin lihassolujen koon on havaittu ikääntyvillä olevan 10–40 prosenttia pienempi, kuin nuoremmilla aikuisilla (Tieland ym. 2018). Tärkeinä syinä tähän pidetään lihaksen regeneratiivisesta kapasiteetista vastaavien satelliittisolujen toiminnan heikkenemistä ja määrän alenemista sekä motoristen yksiköiden muuntumista useimmin hitaan liikehermosolun hermottamiksi (Distefano & Goodpaster 2018; Hunter ym. 2016). Etenkin tyypin II- satelliittisolujen määrän aleneminen ja ikääntyminen yhdessä lihasten rasvoittumisen kanssa edistää tyypin II- lihassolujen muuntumista hitaiksi tyypin I- lihassoluiksi aiheuttaen lihassolujen koon ja määrän pienenemistä (Cruz-Jentoft & Sayer 2019). Maksimaalisesta voimantuotosta vastaavien II-tyypin lihassolujen pieneneminen voikin merkittävästi vaikuttaa ikääntyneiden voimantuottoon ja esimerkiksi kykyyn nousta tuolilta seisomaan (Tieland ym. 2018). Satelliittisolujen muutosten takia myös lihaksen uudelleenmuodostuminen hidastuu ja mahdollinen lihaksen arpeutuminen lisääntyy lihasvaurioiden jälkeen (Distefano & Goodpaster 2018).

Ikääntyneillä fyysiseen toimintakykyyn vaikuttavat erityisesti lihaksiston, hermoston ja tukielimistön kunto. Fyysiseen toimintakykyyn vaikuttavia tekijöitä voidaan jaotella vielä pienempiin osiin, joita ovat esimerkiksi lihaskoordinaatio, voimantuottokyky, kestävyyskunto, jänteiden ominaisuudet, nivelten kunto ja liikkuvuus, lihasmassa ja esimerkiksi lihassolujen ärsytys-supistuskytkeä (Tieland ym. 2018). Myös erilaiset ikääntymiseen liittyvät muutokset sidekudoksissa ja jänteissä sekä sensorimotoristen ja kognitiivisten prosessien toiminnassa vaikuttavat heikentävästi lihasten voimantuottoon, liikkeiden nopeuteen ja tätä kautta myös fyysiseen toimintakykyyn (Tieland ym 2018; Mitchell ym. 2012).

Eryteisesti kestävyyskunto, eli hengitys- ja verenkiertoelimistön kunto, jota tarkastellaan maksimaalisena hapenottokykynä (VO_2max), on yhteydessä ikääntyneiden toimintakykyyn ja itsenäiseen selviytymiseen (Paterson ym 2004). Maksimaaliseen hapenottokykyyn vaikuttavat

elimistön kyky kuljettaa ja lihaksiston kyky käyttää happea. Hapen kuljetuskykyyn vaikuttaa pääsääntöisesti sydämen minuuttitilavuus, joka saadaan kertomalla sydämen lyöntitiheys sydämen lyöntitilavuudella (Hawkins & Wiswell 2003). Lihasten kykyyn käyttää happea vaikuttavat mitokondrioiden määrä ja toiminta ja lihasten paikallinen verenkierto. Lisäksi keuhkojen diffuusio, eli kyky siirtää happea keuhkoista verenkiertoon, ja veren kapasiteetti vaikuttavat maksimaaliseen hapenottokykyyn. Ikääntyessä tapahtuva aleneminen sydämen maksimisykkeessä ja lihasten kyvyssä käyttää happea heikentävät maksimaalista hapenottokykyä ja rajoittaa maksimaalista fyysistä suorituskykyä. Erilaiset keuhkosairaudet, kuten keuhkohtaumatauti voi rajoittaa keuhkojen diffuusiokapasiteettia. Myös ikääntymisen seurauksena muutokset veren hapenkuljetuskapasiteetissa voivat osin selittää alentunutta maksimaalista hapenottokykyä (kuva 2) (Bassett & Howley 2000).



KUVA 2. Potentiaaliset maksimaalista hapenottokykyä rajoittavat tekijät (mukailten Bassett & Howley 2000).

2.2 Iäkkäiden henkilöiden fyysisen toimintakyvyn arviointi

Fyysisen toimintakyvyn arvioimiseksi on kehitetty erilaisia standardoituja kävelynopeutta, alaraajojen lihasvoimaa, fyysistä toimintakykyä ja esimerkiksi tasapainoa mittaavia toimintakykytestejä (McPhee ym. 2016). Yleisimpiä ikääntyneiden fyysistä toimintakykyä mittaavia testejä ovat lyhyt fyysisen suorituskyvyn testistö (Short Physical Performance Battery, SPPB), tuoliltanousu ja kävelytesti (Timed Up and Go, TUG), kymmenen metrin kävelytesti ja kuuden minuutin kävelytesti (six minute walking test, 6MWT) (McPhee ym. 2016). Kaikkia edellä mainittuja testejä voidaan käyttää myös sarkopenian vaikeuden määrittämisessä (Cruz-Jentoft ym. 2019).

SPPB testi on kehitetty mittaamaan erityisesti iäkkäiden henkilöiden liikkumiskykyä ja alaraajojen toimintakykyä (Guralnik ym. 1994). SPPB korreloi hyvin esimerkiksi 400 metrin kävelytestituloksen kanssa ($r = 0.74$), se ennustaa toimintakyvyn vajauksia ja se antaa luotettavia tuloksia mittauskertojen välillä ($ICC = 0.88-0.92$) (Mijnarends ym. 2013). Testistössä toteutetaan tasapainoa, kävelyä ja alaraajojen voimaa arvioivat testit (Valkeinen ym. 2014). Tasapainoa arvioidaan seisomalla jalat vierekkäin, puolitanDEM- ja tandemasennessa. Alkuperäisessä testistössä kävelykykyä arvioitiin 2,4 metrin matkaan kuluneella ajalla, mutta nykyisin testissä suositellaan käytettäväksi neljän metrin matkaan kuluva kävelyaikaa. Alaraajojen voimaa arvioidaan viiden kerran tuolilta ylösnousuun menevällä ajalla. SPPB testin kokonaispisteet lasketaan summaamalla eri osa-alueiden pisteet (0–4 p) yhteen ja testistön maksimipistemäärä on 12 pistettä. Mitä pienempi pistemäärä, sitä suuremmat riskit henkilöllä on toimintakyvyn heikkenemiselle (Valkeinen ym. 2014). Lisäksi iäkkäillä henkilöillä alentunut pistemäärä (< 10 pistettä) testissä ennustaa lisääntyntä kuolleisuusriskiä, laitoshoitoon joutumista tai päivittäisten toimintojen ja liikkumisen vaikeuksien ilmaantumista (Freiberger ym. 2012). Sarkopenian vaikeutta arvioidessa eurooppalaisessa väestössä pistemäärää 8 tai alle pidetään raja-arvona, jolloin sarkopenia luokitellaan vaikeaksi (Cruz-Jentoft ym. 2019).

Tuoliltanousu- ja kävelytesti TUG on luotu iäkkäiden henkilöiden liikkumiskyvyn ja tasapainon arviointiin ja testisuoritus vaatii erityisesti alaraajojen lihasvoimaa, tasapainoa ja

koordinaatiota. Testissä lähdetään liikkeelle istuma-asennosta, kävellään kolmen metrin päässä olevan kartion ympäri ja palataan takaisin istumaan (Valkeinen ym. 2019). Schoenen ym. (2013) katsauksessa kotona asuvien terveiden ikääntyvien suoritusajat vaihtelivat tutkimusten välillä 7,8–12,5 sekunnin välillä. Nuorilta kerätyssä aineistossa 23-vuotiailla testin suorittamiseen kului keskimäärin alle viisi sekuntia (Bijlsman ym. 2014). Berglandin ym. (2017) tutkimuksessa kuuluminen testin suorittaneista hitaimpaan viidennekseen ennusti kuolleisuutta 12 vuoden seurannassa verrattuna testin nopeimmin suorittaneisiin (HR 1,79, 95 % CI 1.33, 2.42). Sarkopenian määrittämisessä testin raja-arvona pidetään yli 20 sekunnin tulosta (Cruz-Jentoft ym. 2019).

Kävelynopeuteen vaikuttavat yksilön terveys, motorinen kontrolli, lihasten suorituskyky ja kunto, sensorinen palaute, havaintokyky, kestävyyskunto, yksilön fyysinen aktiivisuus, kognitiivinen status, mielenterveys, motivaatio sekä ympäristö, jossa kävellään. Kävelynopeus kuvastaakin monipuolisesti muutoksia toimintakyvyssä ja fysiologiassa (Fritz & Lusardi 2009). Tavanomainen, ei maksimaalinen kävelynopeus vaihtelee eri lähteissä 1,2 m/s – 1,46 m/s välillä ja kävelynopeutta mitataan useimmiten 2,4–10 metrin matkoilla (Paltamaa 2019). Binotton ym. (2018) systemaattinen katsaus osoitti, että alentunut kävelynopeus kotona asuvilla iäkkäillä on yhteydessä toimintakyvyn rajoitteisiin, gerasteniaan, sedentaariseen elämäntapaan, kaatumisiin, lihasheikkouteen, sairauksiin, kehon rasvamäärään, kognition ongelmiin, kuolleisuuteen, stressiin, alentuneeseen tyytyväisyyteen ja elämänlaatuun sekä heikentyneeseen kävelyn laatuun (Binotto ym. 2018). Eurooppalaisilla sarkopenian vaikeutta määrittäessä tavanomaista kävelynopeutta 0,8 m/s pidetään raja-arvona, jonka alittuessa sarkopenia voidaan luokitella vaikeaksi (Cruz-Jentoft ym. 2019).

Hengitys- ja verenkiertoelimistön kunnon, eli aerobisen kapasiteetin arvoimiseksi voidaan ikääntyneillä käyttää kuuden minuutin kävelytestiä (Rikli & Jones 1998). Testi on pätevä arvioimaan aerobista kuntoa. Sen tulos korreloi hyvin esimerkiksi porraskävelytestin tai aerobisen kapasiteetin kanssa ($r > 0.71$) ja se on luotettava (ICC 0.88–0.94) mittausten välisessä toistettavuudessa (Mijnarends ym. 2013). Mänttärin ym. (2018) mukaan kuuden minuutin kävelytestin tulosta ja suomalaiselle väestölle luotua ennusteyhtälöä käytettäessä testitulosta pystyi arvioimaan maksimaalista hapenottokykyä noin 3,5 ml/kg/min tarkkuudella terveillä 19–75-vuotiailla henkilöillä (Mänttari ym. 2018). Testi on alun perin suunniteltu keuhkopotilaille,

ja sitä käytetäänkin usein myös sydän- ja keuhkopotilaiden toimintakyvyn, aerobisen kapasiteetin ja kuntoutusohjelmien vaikutusten arvioinnissa (Peurala & Paltamaa 2019). Testissä kävellään yleisimmin 30 metrin rataa edestakaisin 6 minuutin ajan ja ensisijaisena muuttujana testissä mitataan käveltyä matkaa. (Peurala & Paltamaa 2019). Testin aikaiseen kävelymatkaan vaikuttavat eri tutkimusten mukaan eniten ikä tai ikääntymiseen liittyvät sairaudet, sukupuoli, pituus ja paino sekä terveysstatus (Camarri ym. 2006; Bautmans ym. 2004). Sarkopenian vaikeutta arvioitaessa eurooppalaisilla alle 400 metrin tulosta kuuden minuutin kävelytestissä pidetään raja-arvona vaikealle sarkopenialle (Cruz-Jentoft ym. 2019). Neljän sadan metrin kävelytestissä 6 minuutin ylitys ajassa lisäsi riskiä erilaisille toimintakyvyn haitoille, lisäksi jokainen minuutti lisää testiajassa ennusti lisääntyntä sairastumisriskiä hengitys- ja verenkiertoelimistön sairauksiin ja kuolleisuutta (Newman ym. 2006).

2.3 Muutokset fyysisessä toimintakyvyssä

Tasapainoa, tuolilta ylös nousua ja kävelynopeutta mittaavan SPPB testin tulokset alkoivat laskea Norjassa tehdyssä tutkimuksessa (n = 7474) noin 65-vuoden ikävuoden jälkeen ja muutos näkyi naisilla hieman aikaisemmin kuin miehillä (Bergland & Strand 2019). Ikääntyneillä miehillä (n = 507) tehdyssä tutkimuksessa SPPB testin tulokset laskivat progressiivisesti 65–69-vuotiaiden ryhmästä 85–90-vuotiaiden ryhmään verratessa 11,7:stä 9,5 pisteeseen (Genest ym. 2021).

Kävelynopeuden muutoksia tutkivassa meta-analyysissä kävelynopeuden havaittiin pysyvän melko tasaisena terveillä henkilöillä (n = 23111) aina kuudennelle kymmenennelle ikävuodelle asti ja alenevan merkittävästi vasta yli 70-vuotiaiden ikäryhmissä. Aineistossa 80–99-vuotiaiden keskimääräinen kävelynopeus oli alle 1,0 m/s kun korkein kävelynopeus vaihteli 20–69-vuotiailla 1,3–1,4 m/s välillä (Bohannon & Andrews 2011). Kansainvälisen sarkopeniatyöryhmän katsauksessa (n = 26625) kotona asuvilla keskimäärin 75–78-vuotiaista miehistä 9,7 %:lla ja naisista 31 %:lla tavanomainen kävelynopeus oli alle 0,8 metriä sekunnissa (Studenski ym. 2014).

Kestävyyuskunnon osalta ikääntyessä nähdään noin 10 % ja hyvin aktiivisilla henkilöillä noin 5 % laskua maksimaalisessa hapenottokyvyssä jokaista kymmentä ikävuotta kohden (Betik & Hepple 2008). Reipas kestävyys harjoittelu näyttäisikin hidastavan ikääntymisen liittyvää hapenottokyvyn alentumista puolella (Hawkins & Wiswell 2003). Iäkkäillä tehdyssä tutkimuksessa yhden mL/kg/min aleneminen maksimaalisessa hapenottokyvyssä lisäsi todennäköisyyttä avun tarpeelle 14 %:lla (Paterson ym. 2004). Myersin ym. (2002) tutkimuksessa iäkkäillä henkilöillä, joilla $VO_2\text{max}$ oli alle 17,5 mL/kg/min oli noin kaksinkertainen kuolleisuuden riski verrattuna niihin, joilla $VO_2\text{max}$ oli yli 25 mL/kg/min (Myers ym. 2002).

2.4 Lihasvoiman ja massan mittaaminen

Seuraavissa kappaleissa esitellään yleisemmin käytettyjä mittareita ja menetelmiä, joita voidaan käyttää lihasvoiman ja lihasmassan mittaamisessa. Esitellyt mittarit soveltuvat käytettäväksi myös sarkopenian määrittämisessä (Cruz-Jentoft ym. 2019).

Lihasvoiman mittaamisessa käytetään yleisimmin kahta erilaista mittausmenetelmää, jotka ovat yhden toiston maksimaalinen suoritus ja dynamometrin käyttö (Buckinx & Aubertin-Leheudre 2019). Yhden toiston maksimaalinen suoritus on tietyssä liikkeessä käytetty maksimaalinen paino, jolla mitattava pystyy tekemään yhden toiston. Dynamometrit ovat laitteita, joilla pystytään mittaamaan isometristä ja isokineettistä voimantuottoa. Yleisimmin dynamometrejä käytetään käden puristusvoiman ja polven ojennus- tai koukistusvoima mittaamiseen. Myös erilaisia toiminnallisia testejä, kuten tuoliltanousutestiä voidaan käyttää arvioimaan lihasvoimaa (Buckinx & Aubertin-Leheudre 2019). Tarkempaan mittaukseen, esimerkiksi tutkimustarkoitukseen soveltuvia mittausmenetelmiä ovat puristusvoimamittaus ja polven ojennusvoiman mittaaminen dynamometrillä. Terveysthuollon olosuhteissa saatavilla olevia ja suositeltavia menetelmiä ovat puristusvoiman mittaaminen ja toistettu tuoliltanousutesti (Beaudart ym 2016).

Puristusvoiman mittauksista on ensimmäisiä havaintoja jo 1880-luvulta ja puristusvoiman on jo varhain todettu korreloivan yleisen fyysisen kunnon kanssa (Stenholm ym. 2013). Kattava

tutkimusnäyttö osoittaa, että alentunut puristusvoima on yhteydessä esimerkiksi sydän- ja verisuonisairauksien ja syövän kohonneeseen riskiin ja korkeampaan kuolleisuuteen (Bohannon 2019). Esimerkiksi Celis-Moralesin ym. (2018) tutkimuksessa yli 500 tuhannen henkilön kohorttiaineistossa kuulumisen 5 kiloa alempaan puristusvoimaluokkaan lisäsi kuolleisuuden riskiä 1,2:lla (Celis-Morales ym. 2018). FinTerveys 2017 -tutkimuksesta lasketun aineiston perusteella keskimääräinen puristusvoima suomalaisilla 70–79-vuotiailla naisilla on 23–25 kg ja miehillä 38–41 kg, vastaavasti yli 80-vuotiailla keskimääräiset tulokset ovat 19–21 ja 29–33 kilogrammaa (Stenholm ym. 2013). Sarkopenian diagnosoinnin raja-arvona eurooppalaisilla miehillä pidetään alle 27 kilon ja naisilla alle 16 kilon puristusvoimaa iästä riippumatta (Cruz-Jentoft ym. 2019).

Tuoliltanousutesti arvioi alaraajojen lihasvoimaa, mutta sitä on kritisoitu, sillä tuolilta nousuun vaikuttavat myös muut tekijät, kuten paino, kaatumisen pelko ja esimerkiksi nilkan liikelaajuus (Valkeinen ym. 2020). Kuitenkin Lordin ym. (2002) tutkimuksessa tärkein tekijä selittämään tuoliltanousutestissä kuluva aikaa oli polven ojentajalihasten voima (Lord ym. 2002). Tutkimustulosten perusteella heikentynyt testitulokset ennustaa riskiä saada pysyviä alaraajojen toiminnanvajauksia, lisää kaatumistapaturmia sekä laitoshoitoon joutumista ja kuolleisuusriskiä (Valkeinen ym. 2020). Viitearvoissa suomalaisilla 70–79-vuotiailla naisilla keskimääräinen viiden kerran tuolilta nousuun kuluva aika on 11,1–14,0 ja miehillä 10,1–13,1 sekuntia. Yli 80-vuotiailla vastaavat ajat ovat 11,7–13,1 ja 12,2–14,0 sekuntia (Valkeinen ym. 2020). Sarkopenian diagnoimisessa eurooppalaisilla raja-arvona viiden kerran tuoliltanousutestissä käytetään yli 15 sekunnin aikaa sukupuolesta tai iästä riippumatta (Cruz-Jentoft ym. 2019).

Lihasmassan mittaamisessa voidaan hyödyntää antropometrinen mittauksen tekemistä ja erilaisia tarkempaan lihasmassa-arvioon soveltuvia kuvantamismenetelmiä (Beaudart ym. 2016). Antropometrisistä mittauksista esimerkiksi käsivarren ja pohkeen ympärysmitta kuvastavat ikääntyneillä ihmisillä terveys- ja ravitsemustilaa ja ennustavat toimintakykyä ja selviytymistä (Tosato ym. 2017). Tarkempaa mittausta vaativissa erikoisklinikoiden tai tieteellisten tutkimusten mittauksissa soveltuvia ja saatavilla olevia menetelmiä ovat erilaiset kuvantamismenetelmät kuten matalaenergisestä röntgensäteilyyn perustuva kaksoisenerginen röntgenkuvaus (DXA), tietokonetomografia (CT), magneettikuvaus (MRI) tai kudosten

sähköjohtavuuteen perustuva bioimpedanssimittaus (BIA) (Beudart ym. 2016). Tarkimpina kuvantamismenetelminä lihaksen tilavuuden arvioinnissa ovat MRI ja CT, jotka korreloivat lähes täydellisesti ($r = 0.99$, $p < 0.001$) ruumiin alaraajasta tehdyn lihaksen poikkipinta-alan mittausten kanssa (Mitsiopoulos ym. 1998). CT ja MRI mittaavat lihaksen poikkipinta-alaa ja tilavuutta. DXA mittaa raajojen lihasten massaa ja ottaa huomioon myös esimerkiksi lihaksen rasvoittumisen, sillä sen arvio lihasmassasta perustuu kudoksen tiheyden mittaamiseen (Buckinx ym. 2019). Bioimpedanssilaitte arvioi kehon lihasmassaa lihaksen nesteiden ja niiden sähköjohtavuuden perusteella ja niihin perustuvilla ennusteyhtälöillä (Marra ym. 2019).

Etenkin sarkopeniaa määrittäessä standardoiduksi lihasmassan arviointimenetelmäksi on ehdotettu DXA mittausta sen tarkkuuden, edullisuuden, saatavuuden ja sarkopenian määrittämisessä käytettyjen raajojen lihasmassalle saatavilla olevien raja-arvojen takia (Albano ym. 2020; Buckinx ym. 2018). DXA:lla mitattu lihasmassa korreloi hyvin MRI:n ($R = 0.88$, $p < 0.001$) ja CT:n ($R = 0.77-0.95$, $p < 0.0001$) mittaamien lihasvolyyymien kanssa. BIA mittauksen tulosten yhtenäisyys DXA mittausten kanssa on heikko ($ICC = 0.37$, 95 % CI 0.25, 0.48). (Buckinx ym. 2018). Esimerkiksi sarkopenian esiintyvyyttä selvittävässä tutkimuksessa BIA ylikorosti lihasmassan määrää poliklinikkapotilaiden ($n = 250$) otannassa ja sarkopenian esiintyvyys vaihteli lihasmassan mittaustavasta riippuen 12,8 % (BIA) ja 21 % (DXA) välillä (Beudart ym. 2015).

2.5 Muutokset lihasvoimassa ja massassa

Muutokset lihasvoiman alenemisessa selittyvät ikääntyneillä ihmisillä pääosin hermostollisten muutosten ja lihaksen voimantuottokapasiteetin laskulla, eikä niinkään lihasmassan alenemisella (Manini & Clark 2012). Esimerkiksi 70–79-vuotiailla ($n = 1678$) tapahtunut lihasvoiman aleneminen oli 2–5 kertaa suurempaa verrattuna lihasmassan katoon viiden vuoden aikana ja etureiden lihaksen pieneneminen selitti vain noin 6–8 prosenttia etureiden lihasvoiman muutoksista. Samassa aineistossa henkilöillä, joilla paino ja lihasmassa kasvoivat, ei lihasmassan kasvulla ollut lihasvoiman alenemistä ehkäisevää tehoa (Delmonico ym. 2009). Muutokset lihasmassassa selittyvät pääosin hormonaalisilla, immunologisilla ja solujen

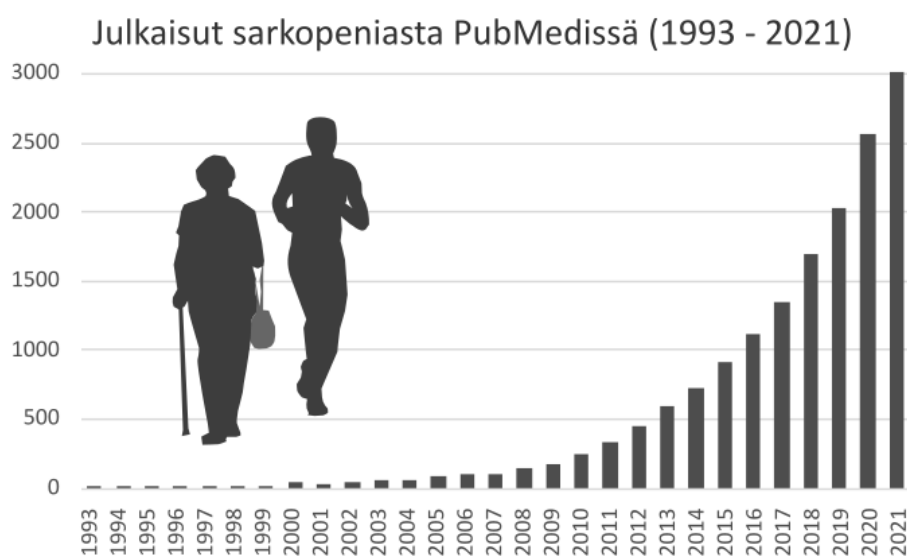
sisäisillä muutoksilla sekä fyysisen aktiivisuuden ja proteiinin saannin alenemisella (Manini & Clark 2012).

Ikääntymiseen liittyvää voiman alenemista alkaa esiintyä etenkin maksimaalisessa voimassa jo 30 ikävuoden jälkeen. Maksimaalisella voimalla ja lihasmassalla ei kuitenkaan vielä aikuisella iällä ole suurta merkitystä toimintakykyyn ja yleisimmin rakenteellisia ja hermostollisia muutoksia lihaksiston toiminnassa raportoidaan usein 60 ikävuoden jälkeen (Larsson ym. 2019). Yli 50-vuotiailla on raportoitu tapahtuvan keskimäärin 1,5–5 prosentin vuosittaista lihasvoiman alenemista (Keller & Engelhardt 2014). Iäkkäämmillä yli 75-vuotiailla lihasvoiman on eri tutkimuksissa todettu alenevan naisilla keskimäärin 2,5–3 % ja miehillä 3–4 % vuodessa (Mitchell ym. 2012). Terveillä yli 80-vuotiailla pohjoismaalaisilla (n = 87) tehdyssä tutkimuksessa käden puristusvoima oli viiden vuoden seurannan aikana laskenut miehillä 20 % ja naisilla 15,4 %, vastaavasti polven ojennusvoima oli laskenut 45 % ja 34 % (Dey ym. 2009). Vuodelepoon joutuessa lihasvoiman aleneminen on vielä nopeampaa, ja lihasvoima voi alentua keskimäärin 0,3:sta jopa neljään prosenttia päivässä (Tieland ym. 2018). Ikääntymiseen liittyvässä voiman alenemisessä on myös eroja konsentrisen, isometrisen ja eksentrisen voiman muutoksissa (Buckinx & Aubertin-Leheudre 2019). Tutkimusten mukaan ikääntyessä konsentrisen voiman alenemisessä näkyy suurimpia eroja, kun isometrisen ja etenkin eksentrisen voiman muutokset ovat pienempiä (Wu ym. 2020).

Poikkileikkausaineistotutkimuksessa verratessa 18–45-vuotiaita yli 65-vuotiaisiin, lihasmassan vuotuisen aleneman mediaaniarvo naisilla oli noin 0,37 % ja miehillä noin 0,47 % (Mitchell ym. 2012). Vastaavasti yli 75-vuotiailla lihasmassan katoa tapahtui naisilla noin 0,7 % ja miehillä hieman alle prosentin verran vuodessa (Mitchell ym. 2012). Muissa tutkimuksissa on raportoitu lihasmassan kadon yli 50-vuotiailla olevan keskimäärin 1–2 prosenttia vuodessa (Keller & Engelhardt 2014). Janssen ym. (2000) raportoivat, että ikääntymiseen liittyvä lihasmassan aleneminen näkyi ensisijaisesti alaraajoissa. Selityksenä alaraajojen nopeammalle lihasmassan alenemiselle tutkijat pitivät ikääntyessä alaraajoilla tehtävien fyysisten aktiiviteettien, kuten kävelyn ja portaiden nousun vähenemistä (Janssen ym. 2000). Inaktiivisuudesta ja erityisesti vuodelevosta johtuen lihasmassan katoa voi tapahtua jopa kilon verran kymmenessä päivässä (Tieland ym. 2018).

3 SARKOPENIA

Sarkopenia (kreik. *Sarc* = liha, *penia* = kato) on ikääntyneellä väestöllä esiintyvä lihassairaus, jossa tapahtuu merkittävää lihaskatoa ja lihasvoiman heikkenemistä (Cruz-Jentoft ym. 2019). Rosenberg ehdotti lihaskadon ilmiölle nimitystä sarkopenia jo vuoden 1988 ikääntyneen väestön terveydenarvioinnin tapaamisessa Meksikossa. Hän totesi, että ei ole ehkä mitään niin dramaattista tai merkittävää henkilön toimintakykyyn vaikuttavaa yksittäistä tekijää kuin lihasmassan heikkeneminen (Rosenberg 1997). Sarkopenia voikin aiheuttaa vakavia terveyshaittoja, fyysisen toimintakyvyn heikkenemistä sekä sosiaalista ja ekonomista haittaa (Cruz-Jentoft ym. 2019). Tietoisuus sarkopeniasta ja sen tutkimus on viime vuosina merkittävästi lisääntynyt (kuva 3). Sarkopenian määritelmät ovat tarkentuneet ja se on saanut oman ICD-10 luokituksen syyskuussa 2016 (Anker ym. 2016).



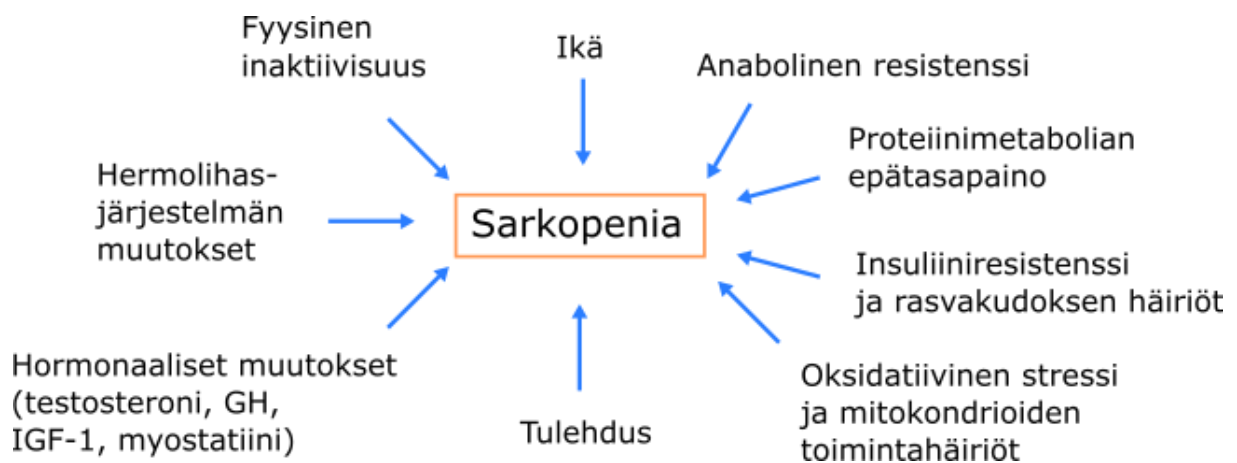
KUVA 3. Julkaisujen määrät sarkopeniasta PubMed -tietokannassa (PubMed 2022).

3.1 Patofysiologia

Sarkopenian synnyn taustalla on monia syitä, joista tärkeimpiä ovat ikääntymiseen liittyvät muutokset hermolihasjärjestelmässä ja sekundaariset ikääntymiseen liittyvät tekijät, kuten fyysisen aktiivisuuden vähentyminen ja heikentynyt ravitsemus (Cruz-Jentoft & Sayer 2019).

Lisäksi erilaiset sairaudet, kuten keuhkohtaumatauti, sydämen vajaatoiminta, munuaissairaudet, diabetes, syövät ja AIDS vaikuttavat negatiivisesti lihaksistoon ja fyysiseen aktiivisuuteen ja edistävät sarkopenian syntyä (Ardeljan & Hurezeanu 2021). Sarkopenia voidaan jaotella ensisijaiseksi sarkopeniaksi, kun sen taustalla on ikääntyminen ja yleinen lihasmassan ja voiman kato ja toissijaiseksi, kun sen taustalla on krooninen lihasmassan tai voiman katoon vaikuttava sairaus. Ensisijaiseen sarkopeniaan liittyy usein matala-asteinen tulehdustila, antianabolinen tila, eli heikentynyt proteiinien synteesi sekä rasvakudoksen määrän kasvu. Toissijaiseen sarkopeniaan liittyy kohonnut katabolinen tila, eli lihasproteiinien hajoaminen ja rasvakudoksen määrä pysyy usein samana tai alenee (Perés-Baos ym. 2018).

Sarkopenian synnyssä lihasten toimintaan vaikuttavat krooninen tulehdustila, lihasten käyttämättömyys, proteiiniaineenvaihdunnan epätasapaino, hermostolliset muutokset, mitokondrioiden toimintahäiriöt, motoneuronien häviäminen, solukuolema, hapettumisstressi, heikentynyt lihasten verenvirtaus, hormonaaliset muutokset ja satelliittisolujen toimintahäiriöt (kuva 4) (Cruz-Jentoft & Sayer 2019). Myös ikääntymiseen liittyvä muutos suoliston mikrobistossa ja siitä aiheutuvat muutokset systeemisessä tulehdustilassa, proteiini-, energia-, glukoosi- ja rasva-aineenvaihdunnassa on mahdollinen tekijä sarkopenian synnyn taustalla (Liu ym. 2021).



KUVA 4. Sarkopenian synnyn potentiaaliset mekanismit (mukaiillen Cruz-Jentoft & Sayer 2019; Tournadre ym. 2019).

Vaikutukset lihasten proteiinisynteesiin soluviestinnän kautta. Proteiinien synteesistä ja hajottamisesta vastaa pääsääntöisesti kaksi tärkeää soluviestinnän reittiä eli signaalintireittiä, joista mTOR (mammalian target of rapamycin) vastaa proteiinisynteesistä ja AKT/Forkhead box O (FOXO) proteiinin hajottamisesta (Rodrigues ym. 2014). Ikääntyessä proteiinisynteesiä lisäävien signaalintireittien toiminnoissa voi olla häiriöitä ja anabolinen vaste harjoittelulle ja ruuasta imeytyneille aminohapoille on alentunut mahdollisesti alentuneen fyysisen aktiivisuuden ja proteiinin saannin takia (Barclay ym. 2019). Ikääntyessä tapahtuva väheneminen anabolisten hormonien, kuten kasvuhormonin, testosteronin ja insuliinin kaltaisen kasvutekijä 1:n (IFG-1) tuotannossa vaikuttavat heikentävästi proteiinisynteesiin ja lihasmassan ylläpitoon (Ardeljan & Hurezeanu 2021). Progressiivisesti aleneva testosteronitaso lisää lihasten insuliini- ja IGF-1 resistenssiä, mikä heikentää proteiinisynteesiä lisäävien signaalintireittien aktivoimista ja toisaalta lisää proteiinien hajottamista aiheuttavan ubikitini-proteasomi-systeemin (UPS) toimintaa (Perés-Baos ym. 2018). Ikääntymiseen liittyvällä lihaskadolla ja seerumin lisääntyneellä myostatiinitasolla on löydetty yhteys (McKay ym. 2012; Yarasheski ym. 2002). Myostatiini on lihaskasvua säätelevä proteiini, joka vaikuttaa proteiinisynteesin signaalintireitteihin ja sen ylimäärä heikentää proteiinisynteesiä ja toisaalta sen puuttuminen lisää proteiinisynteesiä (Rodrigues ym 2014).

Krooninen tulehdustila ja siihen vaikuttavat tekijät. Matala-asteinen krooninen tulehdustila lisää pro-inflammatoristen sytokiinien, kuten TNF:n, IL-1:n ja IL-6:n määrää lihassoluissa ja verenkierrossa. Esimerkiksi interleukiini-6:n tiedetään heikentävän lihaksissa olevien myosiiniproteiinien toimintaa, jotka vastaavat lihaksen eri toiminnoista ja matala-asteista tulehdustilaa pidetäänkin merkittävänä tekijänä lihasten hajoamisessa (Perés-Baos ym. 2018). Mitokondrioiden toimintahäiriö on esimerkki ikääntymiseen liittyvän fyysisen inaktiivisuuden seurauksista (Picca & Calvani 2021). Mitokondrioiden toimintahäiriöissä niiden yhdistyminen ja jakaantuminen ovat epätasapainossa, ja siitä seuraa lisääntynyt reaktiivisten happiradikaalien määrä. Happiradikaalien kasvu elimistössä stimuloi katabolisia signaalintireittejä, nostaa systeemistä tulehdustilaa ja edistää lihasten atrofiaa (Distefano & Goodpaster 2018). Ikääntyessä myös esimerkiksi muutokset suoliston mikrobistossa voivat aiheuttaa systeemistä tulehdusta (Liu ym. 2021). Ikääntyneillä ihmisillä voi olla aineenvaihdunnan häiriöitä, joihin liittyy usein rasvakudoksen määrän kasvua ja lihasmassan alenemista (Ardeljan & Hurezeanu 2021). Lisääntynyt rasvamassa aiheuttaa myös kohonnutta systeemistä tulehdusta ja edistää sitä

kautta lihaskatoa (Florez & Troen 2008). Aineenvaihdunnan häiriöihin liittyy usein insuliiniresistenssiä, joka heikentää proteiinisynteesiä ja on yhteydessä alentuneeseen lihasmassaan. Lihasmassan aleneminen taas heikentää lihasten glukoosin sisäänottoa, lisäten edelleen insuliiniresistenssiä (Ardeljan & Hurezeanu 2021).

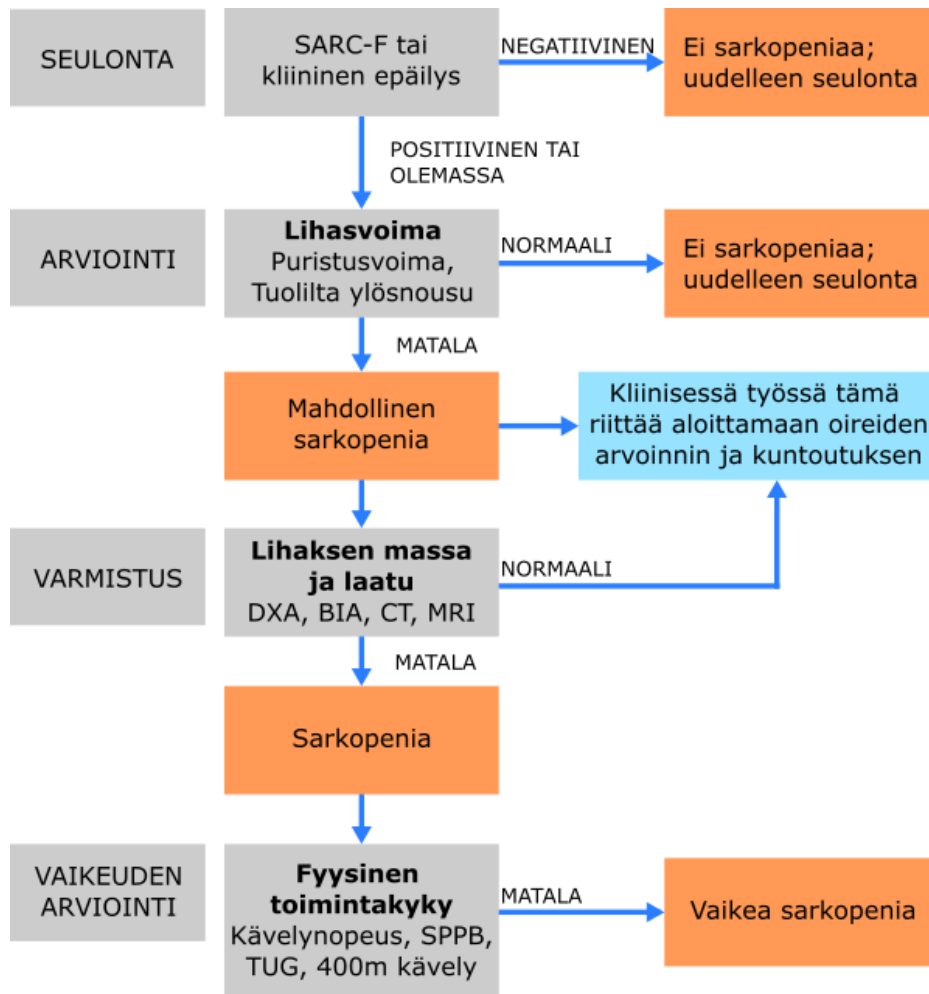
Haasteena lihaksen ikääntymiseen liittyvässä tutkimuksessa on eriyttää yksinään ikääntymisestä aiheutuvat muutokset niistä muutoksista, jotka ovat yhteydessä ikääntymiseen liittyviin elämäntapoihin ja erilaisiin sairauksiin (Distefano & Goodpaster 2018). Fontera & Ochala (2014) pohtikin, onko mahdollista, että ikääntymiseen liittyvät muutokset lihaksissa olisi seurausta niiden käyttämättömyydestä, itse ikääntymisen sijaan. Tätä pohdintaa tukevat tutkimukset, joiden mukaan sarkopenian esiintyvyys fyysisesti aktiivisilla iäkkäillä on alhaisempi, kuin vähemmän liikkuvilla verrokeilla (Fontera & Ochala 2014).

3.2 Määrittäminen

Eurooppalainen sarkopeniatyöryhmä (EWGSOP) on julkaissut uudet ohjeet sarkopenian määrittämiseksi vuonna 2019 (Cruz-Jentoft ym. 2019). Edellisiin vuoden 2010 suosituksiin verrattuna suurimpana muutoksena sarkopenian määrittämisessä on ensisijaisesti lihasvoiman painottaminen lihasmassan sijaan, sillä lihasvoima ennustaa paremmin haitallisia päätetapahtumia ja lihasvoimatestit ovat kliinisesti helpompia toteuttaa (Cruz-Jentoft ym. 2019; Cruz-Jentoft ym. 2010). Sarkopenian määrittämiseksi eri väestöille suosituksia ja raja-arvoja ovat julkaisseet myös Aasian sarkopeniatyöryhmä, kansainvälinen sarkopeniatyöryhmä ja kansainvälinen terveystieteiden instituutti (Chen ym. 2020; Dam ym. 2014; Fielding ym. 2011).

Euroopan sarkopeniatyöryhmä esittää sarkopenian määrittämiseksi diagnoosipolkua, joka etenee seulonnasta lihasvoiman, lihasmassan ja toimintakyvyn mittaamiseen ja arviointiin (kuva 5) (Cruz-Jentoft ym. 2019). Diagnoosipolku etenee ensin seulomalla tapaukset SARC-F kyselylomakkeen avulla tai jos sarkopeniasta herää epäily potilaan oireiden tai toimintakyvyn perusteella. Tämän jälkeen tutkitaan, toteutuuko sarkopenian kriteerien täyttymiselle annetut raja-arvot puristusvoimassa tai viiden kerran tuoliltaanousutestissä (raja-arvot on esitelty myöhemmin taulukossa 2). Mikäli lihasvoima jää alle raja-arvojen, voidaan diagnoosista

varmistua mittaamalla raajojen lihaskudoksen määrä DXA:lla, muulla kuvantamismenetelmällä tai bioimbedanssimittauksella. Mikäli lihasmassakin jää viitearvojen alle, on henkilöllä sarkopenia. Lopuksi sarkopenian vaikeusastetta voidaan arvioida fyysisen toimintakyvyn mittauksilla, joista suositellaan käytettäväksi kävelynopeutta arvioivia testejä, SPPB tai TUG testejä tai 400 metrin kävelytestiä ja vertaamalla tuloksia annettuihin raja-arvoihin (Cruz-Jentoft ym. 2019).



KUVA 5. Sarkopenian määrittämisen kriteereiksi suunniteltu toimintakaavio (mukaiillen Cruz-Jentoft ym. 2019)

Jos sarkopenian seulonnan ja arvioinnin edetessä vain lihasvoima on alentunut, on henkilöllä mahdollinen sarkopenia. Mikäli lihasvoiman lisäksi lihasmassa on alentunut, on henkilöllä

sarkopenia. Lopuksi, mikäli myös toimintakyky on alentunut, voidaan sarkopenia todeta vaikeaksi (taulukko 1) (Cruz-Jentoft ym. 2019).

TAULUKKO 1. Sarkopenian vaikeusasteen määrittäminen (Cruz-Jentoft ym. 2019)

Kriteerin 1 täytyessä on mahdollinen sarkopenia, kriteerien 1 ja 2 täytyessä sarkopenia ja kriteerien 1, 2 ja 3 täytyessä vaikea sarkopenia.

Mahdollinen sarkopenia	(1) Alentunut lihasvoima
Sarkopenia	(2) Alentunut lihasmassa
Vaikea sarkopenia	(3) Heikentynyt toimintakyky

Seulontavaiheen epäilyksen herättävinä oireina voivat olla henkilön kaatumiset, kokemus heikkoudesta, hidastunut kävelynopeus, vaikeus nousta tuolilta ja painon aleneminen tai lihasmassan häviäminen (Cruz-Jentoft ym. 2019). SARC-F kyselylomaketta, jonka nimi tulee sen mittaamista osioista (Strength, Assistance with walking, Rising from chair, Climbing stairs and Falls), voidaan käyttää seulonnassa arvioimaan henkilön omia kokemuksia liittyen voimaan, kävelyn, tuolilta nousuun, portaiden nousuun ja kaatumisiin (Malmstrom ym. 2016).

Lihassoiman arvioimisessa Euroopan sarkopeniatyöryhmä suosittaa puristusvoimamittausta ja tuoliltanousutestiä. Molemmat ovat helppoja ja edullisia toteuttaa. Lisäksi puristusvoima korreloi kohtalaisesti muun vartalon lihasvoiman kanssa ja ennustaa hyvin henkilön haitallisia päätetapahtumia. Viiden kerran tuoliltanousutestissä arvioidaan tarkemmin alaraajojen lihasvoimaa (Cruz-Jentoft ym. 2019).

Toimintakyvyn arviointia suositellaan määrittäessä sarkopenian vaikeusastetta. Käytettäväksi suositellaan 10 metrin kävelytestiä tavanomaisella kävelynopeudella, SPPB testiä, toiminnallista TUG testiä tai 400 metrin kävelyn kuluva aika. Sarkopenian määrittämisessä voidaan hyödyntää Euroopan väestölle suunnatun konsensuksen määrittelemiä raja-arvoja lihasvoimaa ja -massaa sekä toimintakykyä arvioiville mittareille (taulukko 2) (Cruz-Jentoft ym. 2019).

TAULUKKO 2. Mittareiden raja-arvot sarkopenian määrittämiseksi (Cruz-Jentoft ym. 2019).

		Raja-arvot miehille	Raja-arvot naisille
Lihasvoima	Puristusvoima	< 27 kg	< 16 kg
	Viiden kerran tuolilta-nousutesti	> 15 s	> 15 s
Lihasmassa	ASMM*	< 20 kg	< 15 kg
	ASMI*	< 7,0 kg/m ²	< 5,5 kg/m ²
Toimintakyky	Kävelynopeus	≤ 0,8 m/s	≤ 0,8 m/s
	SPPB	≤ 8 pistettä	≤ 8 pistettä
	TUG	≥ 20 s	≥ 20 s
	400 m kävelytesti	≥ 6 min tai ei suoritusta	≥ 6 min tai ei suoritusta

*ASMM = Appendicular skeletal muscle mass, raajojen lihasmassa, ASMI = Appendicular Skeletal Muscle Mass Index, pituuteen suhteutettu raajojen lihasmassa

Euroopan sarkopeniatyöryhmä tuo myös esille, että erilaisten biomarkkereiden hyödyntäminen voisi olla mahdollinen ja kustannustehokas tapa sarkopenian seulomiseksi. Sarkopenian kompleksisuus haastaa yksittäisen biomarkkerin soveltuvuutta sarkopenian tunnistamiseksi ja sen tunnistamiseksi tarvitaan monipuolisempaa monesta biomarkkerista koostuvaa seulontatyökalua (Cruz-Jentoft ym. 2019). Erilaisten biomarkkereiden tutkimuksessa onkin edetty BIOSPHERE- tutkimuksessa, jossa etenkin lihasatrofiaan liittyvien muutosten, kuten tulehdustilan, hormonaalisen statuksen, insuliiniresistenssin, oksidatiivisen stressin ja telomeerien lyhenemisen avulla voidaan luoda malleja sarkopenian tunnistamiseen (Calvani ym. 2018).

3.3 Esiintyvyys

Meta-analyysissä yli 60-vuotiaiden noin 35 tuhannen henkilön aineistossa sarkopenian esiintyvyys oli naisilla 12 % ja miehillä 14 % (taulukko 3). Suurin esiintyvyys oli laitoshoidossa olevilla miehillä (51 %), kun alhaisin esiintyvyys oli kotona asuvilla naisilla (9 %) (Papadopoulou ym. 2020). Systemaattisissa katsauksissa sarkopenian esiintyvyys vaihtelee

väestöstä, iästä, koti, laitos tai sairaalahoidossa olemisesta ja sarkopenian määrittelytavasta riippuen jopa 1–87 prosentin välillä (Cruz-Jentoft ym. 2014; Rodríguez-Rejón ym. 2019). Hyvin iäkkäillä tehdyssä tutkimuksessa, yli 85-vuotiailla sarkopenian esiintyvyys oli 21 % ja ilmaantuvuus oli 3,7 tapausta sataa henkilöikävuotta kohden (Dodds ym. 2017).

TAULUKKO 3. Metasynteesin tulokset sarkopenian esiintyvyydestä (Papadopoulou ym. 2020)

Asuinmuoto ja sukupuoli	N = 34.955
Kotona ja laitoshoidossa olevat	
Naiset	12 %
Miehet	14 %
Kotona asuvat	
Naiset	9 %
Miehet	11 %
Sairaalassa olevat	
Naiset	24 %
Miehet	23 %
Laitoshoidossa olevat	
Naiset	31 %
Miehet	51 %

Mayhewin ym. 2017 systemaattisessa katsauksessa tarkasteltiin sarkopenian esiintyvyyden eroja eri sarkopenian määritelmien perusteella. Esiintyvyys vaihteli 9,9–40,4 prosentin välillä riippuen sarkopenian määrittämiseksi käytetystä mallista. Suurin esiintyvyys oli laskettu malleilla, joissa määritelmänä käytettiin pelkästään alentunutta lihasmassaa, kun pienimmät esiintyvyydet saatiin kansainvälisen, Euroopan ja Aasian sarkopeniatyöryhmien laatimilla malleilla, jotka huomioivat lihasmassan lisäksi lihasvoiman ja kävelynopeuden (Mayhew ym. 2017). Locquet & Beudart (2019) laskivat sarkopenian esiintyvyyden samassa aineistossa käyttämällä Euroopan sarkopeniatyöryhmän 2010 ja uudestaan 2019 laatimaa mallia, ja esiintyvyys laski uutta mallia käyttämällä 13,6:sta 7,4 prosenttiin (Locquet & Beudart 2019).

Suomessa tehdyssä tutkimuksessa sarkopenian esiintyvyyttä selvitettiin tamperelaisilla 70–80-vuotiailla, kotona asuvilla, itsenäisesti pärjävillä naisilla (n = 409). Aineistossa sarkopenian esiintyvyys oli 0,9 % ja 2,7 %, kun määritelmänä käytettiin EWGSOP:n 2010 ja kansainvälisen sarkopeniatyöryhmän (IWGS) laatimia malleja ja raja-arvoja. Tutkimukseen osallistuneilla oli taustalla vähintään yksi kaatumisen viimeisen vuoden aikana. Poissulkukriteereinä oli, jos harrasti yli kaksi tuntia reipasta tai rasittavaa liikuntaa viikoittain, säännöllinen D-vitamiinilisän

käyttö, murtuma kuluneen vuoden aikana, alentunut toimintakyky tai jokin toimintakykyä rajoittava sairaus. Tutkijaryhmä pohti, että matala esiintyvyys johtui todennäköisesti siitä, että poissulkukriteerit jättivät pois ne, joilla oli haasteita toimintakyvyssä, kognitiossa tai ne, joilla oli sairaus tai tila, joka aiheuttaa yleiskunnon laskua (Patil ym. 2012). Myös Sjöblom ym. (2013) ovat esittäneet sarkopenian esiintyvyyttä suomalaisessa väestössä OSTPRE-FPS tutkimuksessa kerätyssä aineistossa (n = 590). Sarkopenian luokittelussa ei kuitenkaan käytetty tarkasti määriteltyjä suosituksia. Esimerkiksi pituuteen suhteutetun lihasmassan osalta käytettiin korkeampaa raja-arvoa (6,3 kg/m²) ja puristusvoiman ja kävelynopeuden osalta aineisto oli jaettu kvartaaleihin. Alentuneen lihasmassan kanssa alimpaan puristusvoiman ja/tai kävelynopeuden kvartaaliin kuuluvat määriteltiin sarkopeniaryhmään. Käytettyjen määritelmien perusteella sarkopenian esiintyvyys aineistossa oli 11,7 % (Sjöblom ym. 2013).

Aikaisemmissa tutkimuksissa esiintyvyyden vaihtelevuus on suurta johtuen mahdollisesti eri tutkimusjoukoista, erilaisista lihasmassan, voiman ja toimintakyvyn arvioimisen menetelmistä ja raja-arvoista sekä eroista sarkopenian esiintyvyydessä. Sarkopenian esiintyvyyttä selvitettäessä onkin tärkeää käyttää standardoituja malleja ja raja-arvoja lihasvoiman, massan ja toimintakyvyn arvioinnissa. Lisäksi tutkimuksessa oleva populaatio tulee määritellä tarkasti, jotta jatkossa tutkimusten vertaaminen on mahdollista (Cruz-Jentoft ym. 2014).

3.4 Terveyshaitat ja kustannukset

Euroopan sarkopeniatyöryhmä tuo esille sarkopeniaan liittyviä terveyshaittoja, joita ovat lisääntynyt kaatumisten ja murtumien riski, heikentynyt päivittäisten toimintojen suorittaminen, yhteys sydän- ja keuhkosairauksiin, heikentynyt kognitio ja näiden vaikutus heikentyneeseen toimintakykyyn, itsenäisyyden menettämiseen tai pitkäaikaisen hoitopaikan tarpeeseen ja lisääntynyt kuolleisuus (Cruz-Jentoft ym. 2019). Erityisesti vähentyneen lihasmassan ja voiman aiheuttama tasapainon heikkeneminen ja siitä aiheutuvat kaatumiset lisäävät sarkopeniapotilaiden kuolleisuusriskiä (Xu ym. 2021). Lisäksi sarkopeniaan liittyvään lihasmassan alenemisen ja alentuneen aminohapporeservin myötä toipuminen erilaisista stressireaktioista ja sairauksista on heikentynyt, sillä lihasten reservi vapauttaa toipumiseen tarvittavia aminohappoja on alentunut (Picca ym. 2020; Frontera & Ochala 2014).

Maailmanlaajuisesti sarkopeniapotilaiden terveyshaittoja tutkivissa meta-analyyseinä sarkopeniapotilaiden riskit kuolleisuudelle, toimintakyvyn alenemiselle, kaatumisten lisääntymiselle ja murtumien riskille on lisääntynyt verrattaessa ei sarkopeniaa omaaviin verrokkeihin (taulukko 4) (Xu ym. 2021; Yeung ym. 2019; Beaudart ym. 2017; Chalhoub ym. 2015). Esimerkiksi sarkopeniapotilaiden kuolleisuusriski oli 3,5-kertainen kaikilla yli 60-vuotiailla ja jopa yli nelinkertainen yli 79-vuotiailla henkilöillä verrattuna samanikäiseen verrokkiväestöön yli 20 tuhannen henkilön kokonaisotannassa (Beaudart ym. 2017).

TAULUKKO 4. Terveystapahtumien riskit sarkopeenikoilla verrattuna ei sarkopeenikoihin (Xu ym. 2021; Yeung ym. 2019; Beaudart ym. 2017; Chalhoub ym. 2015).

Terveys- tai päätetapahtuma	Aineisto	Riski	Luottamusväli tai p-arvo
Kuolleisuus	Itsenäisesti ja hoitokodissa asuvat ja sairaalahoidossa olevat	OR* 3.596 (3)*	95 % CI* 2.96–4.37
		OR 2.35 (1)	95 % CI 1.64–3.37
Toimintakyvyn aleneminen	Itsenäisesti ja hoitokodissa asuvat ja sairaalahoidossa olevat	OR 3.03 (3)	95 % CI 1.80–5.12
Kaatumisten lisääntyminen	Itsenäisesti asuvat	OR 2.38 (3)	95 % CI 1.75–3.23
	Itsenäisesti ja hoitokodissa asuvat ja sairaalahoidossa olevat	OR 1.62 (2)	95 % CI 1.38–1.90
Sairaalaan joutuminen	Itsenäisesti asuvat	HR* 1.57 (3)	95 % CI 1.03–2.41
Murtumat	Itsenäisesti asuvat		
	naiset (+ LBMD*)	HR 3.79 (4)	95 % CI 2.65–5.41
	miehet (+ LBMD)	HR 2.27 (4)	95 % CI 1.37–3.76
	Itsenäisesti ja hoitokodissa asuvat ja sairaalahoidossa olevat	OR 1.93 (2)	95 % CI 1.19–3.13
Sairaalahoidon kesto	Itsenäisesti asuvat miehet	OR 1.84 (3)	95 % CI 1.32–2.58
	Itsenäisesti asuvat	19.5 vs. 15.0 päivää (3)	p = 0.179

*Riskiarvon perässä oleva numero viittaa järjestyksessä taulukon lähteeseen, OR = odds ratio, HR = hazard risk, CI = confidence interval (luottamusväli), LBMD = low bone mineral density (henkilöt, joilla oli sarkopenian lisäksi alentunut luun mineraalitiheys)

Yhdysvalloissa tehdyssä hoitokustannuksia selvittävässä tutkimuksessa henkilöiden, joilla oli sarkopenia, hoitokustannukset nousivat arviolta vuodessa 2315,7 dollaria korkeammiksi verrattuna henkilöihin, joilla oli normaali lihasvoima ja massa ($p < 0.001$) (Goates ym. 2019). Yhdysvalloissa on arvioitu 10 prosentin vähenemisen sarkopenian esiintyvyydessä säästävän noin 1,1 miljardia dollaria vuosittaisista hoitokustannuksista (Janssen ym. 2004). Eurooppalaisessa väestössä hoitokustannuksia arvioitaessa Antunesin ym. (2016) tutkimuksessa sarkopeniaryhmään kuulumisen lisäsi todennäköisyyttä sairaalahoidon korkeammille kustannuksille verrattuna henkilöihin, joilla ei ollut sarkopeniaa OR 5.70 (95 % CI 1.6, 20.7). Vastaavasti pelkästään alentunut lihasvoima nosti riskiä korkeammille kustannuksille OR 2.4 (95 % CI 1.1-5.2) (Antunes ym. 2016). Tšekkiläisillä tehdyssä tutkimuksessa myös pelkästään alentunut lihasvoima oli yhteydessä kohonneisiin hoitokustannuksiin OR 2.11 (95 % CI) (Steffl ym. 2017a).

3.5 Ehkäisy ja hoito

Rosenberg mainitsi jo 90- luvulla, että lihasvoimaharjoittelu on tärkeää sarkopeniaan liittyvän voiman ja lihasmassan alenemisen ehkäisemiseksi (Rosenberg 1997). Hoitona sarkopeniaan onkin vakiintunut vastusharjoittelu (Anker ym. 2016). Euroopan sarkopeniatyöryhmä korosti julkaisussaan 2019, että terveydenhuollolla on yhä paremmat mahdollisuudet ennaltaehkäistä, viivästyttää, hoitaa tai jopa peruuttaa sarkopenia aikaisilla ja vaikuttavilla interventioilla (Cruz-Jentoft ym. 2019). Maailmalla tehdään myös paljon lääketutkimuksia, joissa tutkitaan muun muassa eri signaalintireitteihin vaikuttavia lääkeaineita ja niiden vaikutusta lihaskadon ehkäisemiseksi. Kuitenkaan vielä ei ole tunnistettu yhtään lääkettä, mikä pystyisi saamaan aikaiseksi kaikkia liikunnasta saatavia vaikutuksia (Dao ym. 2020).

Sarkopenian ennaltaehkäisyssä ja hoitamisessa on tärkeää saada lisättyä lihassolujen proteiinisynteesiä ja hypertrofiaa, eli lihassolujen kasvua (Breen & Phillips 2013). Fyysisesti inaktiivisilla ikääntyneillä lihasten anabolinen vaste harjoittelulle on heikentynyt. Tämän takia sarkopenian hoidossa on erityisen tärkeä huomioida vastusharjoittelun lisäksi oikeanlainen ravitsemus, missä huomioidaan tarpeellisten aminohappojen saanti. Ylläpidetty fyysinen elämäntyyli mahdollistaa ikääntyneillä ihmisillä lihaksen anabolisen vasteen lihaksen

kuormittamiselle ja nautitulle ravinnolle samalla tasolla kuin nuoremmilla henkilöillä (Breen & Phillips 2013). Fyysistä aktiivisuutta ja sen yhteyttä sarkopeniaan tutkivassa meta-analyysissä fyysisen aktiivisuuden todettiin vähentävän myöhemmällä iällä todennäköisyyttä sarkopenian saamiselle alle puoleen (OR 0.45; 95 %, CI 0.37-0.55) (Steffl ym. 2017b).

Cruz-Jentoftin ym. (2014) tehdyssä systemaattisessa katsauksessa tarkasteltiin erilaisten interventioiden vaikutusta ikääntyneiden gerastenian hoidossa. Vastusharjoitteluun ja liikuntaan perustuvissa interventioissa useimmat interventiot paransivat lihasvoimaa ja fyysistä toimintakykyä. Lihasmassan suhteen positiivisia muutoksia nähtiin seitsemästä tutkimuksessa vain kolmessa (Cruz-Jentoft ym. 2014). Escriche-Escruderin ym. (2021) meta-analyysissä tarkasteltiin vastusharjoittelun vaikutusta Euroopan sarkopeniatyöryhmän kriteerien mukaan määritettyjen sarkopeniapotilaiden lihasmassaan, voimaan ja toimintakykyyn. Tulosten mukaan käden puristusvoimassa sekä fyysistä toimintakykyä mittaavissa SPPB ja tuoliltanousutesteissä tapahtui parannusta, mutta harjoittelulla ei ollut merkitsevää vaikutusta lihasmassaan (Escriche-Escruder ym. 2021). Myös Fiataronen ym. (1994) hyvin iäkkäille (87,1 ±0,6-vuotiailla) heikkokuntoisille laitostodissa asuville henkilöille (n = 100) tehdyssä tutkimuksessa kymmenen viikkoa kestävä vastusharjoittelu lisäsi lihasvoimaa jopa 113 % (±8 %, p < 0.001), kävelynopeutta 11,8 % (±3,8 %, p = 0.02) ja vaikutti positiivisesti fyysiseen toimintakykyyn (Fiatarone ym. 1994).

Ravitsemuksen roolista lihasmassan, voiman ja toimintakyvyn ylläpitämisestä ja edistämisestä ikääntyneillä ihmisillä on huomattavaa näyttöä. Etenkin riittävän proteiinin, d-vitamiinin, antioksidanttien ja pitkäketjuisten rasvahappojen saanti on tärkeää (Robinson ym. 2018). Sarkopeniapotilailla tehdyissä tutkimuksissa aminohapoista leusiinin ja lisäravinteista HMB:n (hydroksimetyyllibutyraatti) nauttimisella näyttää olevan positiivisia vaikutuksia lihasmassan- ja voiman edistämisessä (Cruz-Jentoft ym. 2014). Sarkopeniapotilaiden lihasmassaa, voimaa ja toimintakykyä tutkivissa meta-analyyseissä ravintolisien ja dieetin merkitys korostuu lihasvoiman ja toimintakyvyn muutoksissa, mutta niillä ei juurikaan ole saatu muutoksia lihasmassaan (Ghekas ym. 2021; Wu ym. 2021). Verratessa yhdistettyä ravitsemus- ja harjoitusinterventiota pelkästään harjoitteluinterventioon, ei erot muutoksissa interventioiden välillä ole merkitseviä (Wu ym. 2021).

4 TUTKIMUKSEN TARKOITUS JA TUTKIMUSKYSYMYKSET

Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää sarkopenian esiintyvyyttä kotona asuvilla vähän liikkuvilla 70–85-vuotiailla jyvaskyläläisillä. Lisäksi tarkoituksena on selvittää eroja sarkopenian vaikeusasteen perusteella luokiteltujen ryhmien välillä iässä, kehonkoostumuksessa, toimintakyvyssä ja fyysisessä aktiivisuudessa.

Tutkimuskysymykset:

1. Mikä on sarkopenian esiintyvyys jyvaskyläläisillä 70–85-vuotiailla, kotona asuvilla, terveillä, alle liikkumissuosituksen mukaan liikkuvilla Euroopan sarkopeniatyöryhmän laatiman diagnoosipolun ja raja-arvojen perusteella?
2. Miten sarkopenian vaikeusasteen mukaan luokitellut ryhmät (ei sarkopeniaa (ES), mahdollinen sarkopenia (MS) ja sarkopenia (SR)) eroavat toisistaan iän, kehonkoostumuksen, toimintakyvyn ja objektiivisesti mitatun fyysisen aktiivisuuden mukaan?

5 AINEISTO JA TUTKIMUSMENETELMÄT

Tutkielmassa hyödynnetään Jyväskylän yliopiston liikuntatieteellisen tiedekunnan gerontologian tutkimuskeskuksen PASSWORD-liikuntainterventiotutkimuksen aineistoa. Tutkimuksessa selvitettiin vuoden mittaisen fyysisen ja yhdistetyn fyysisen ja kognitiivisen harjoittelun vaikutuksia 70–85-vuotiaiden tutkittavien kävelynopeuteen ja kaatumisiin.

PASSWORD- tutkimukseen rekrytoitiin Jyväskylässä asuvia 70–85-vuotiaita itsenäisesti asuvia henkilöitä, joilla täytyi viikoittain korkeintaan 150 minuuttia reipasta tai rasittavaa fyysistä aktiivisuutta. Rekrytointi tapahtui ensin valitsemalla väestörekisteristä satunnaisesti Jyväskylässä asuvia 70–85-vuotiaita henkilöitä ($n = 3862$), joille lähetettiin tiedot tutkimuksesta ja kerrottiin tulevasta puhelinhaastattelusta. Puhelinhaastattelun avulla selvitettiin viikoittaisen fyysisen aktiivisuuden määrä sekä tutkimuksen sisäänotto- ja poissulkukriteerien täyttyminen. Puhelinhaastattelun perusteella alkumittauksiin kutsuttiin 401 henkilöä, joista 18 perui osallistumisensa tutkimukseen ennen mittauksia ja 69 henkilöä poissuljettiin mittausten aikana. Tutkimukseen valikoitui lopulta 314 henkilöä, joista naisia oli 188 ja miehiä 126 (Sipilä ym. 2018).

Sisäänottokriteereinä PASSWORD-tutkimuksessa olivat 70–85 vuoden ikä, itsenäisesti asuminen, kyky suoriutua 500 metrin kävelystä ilman apua, fyysisen aktiivisuuden määrä alle 150 minuuttia viikossa, osallistumattomuus voimaharjoitteluun viimeisen vuoden aikana, kognitiota ja muistia testaavan mini-mental state exam (MMSE) testin tulos ≥ 24 sekä tutkittavan suostumus tutkimukseen. Poissulkukriteereinä olivat kognitiiviseen tai fyysiseen terveyteen vaikuttava vakava krooninen tila tai lääkitys, erilaiset sairaustilat tai tekijät, jotka voivat vaikuttaa intervention suorittamisen turvallisuuteen tai sen toteuttamiseen, alkoholin liiallinen käyttö, kommunikointia vaikeuttavat näkö- tai kuulohaitat, kykenemättömyys tai haluttomuus antaa suostumusta tutkimukseen osallistumiselle tai satunnaistamista ryhmiin sekä toisen perheenjäsenen kuuluminen PASSWORD- tutkimukseen (Sipilä ym. 2018).

5.1 Mittausmenetelmät ja tulosmuuttujat

Sarkopenian esiintyvyyttä arvioitaessa henkilöt jaettiin ei sarkopenia (ES), mahdollinen sarkopenia (MS), sarkopenia (SR) ja vaikea sarkopenia (VSR) ryhmiin. Ryhmäjaossa käytettiin sarkopenian määrittämiseksi käytettyjä raja-arvoja lihasvoiman, lihasmassan ja toimintakyvyn osalta (taulukko 5). Lihasvoimaa arvioitiin käden puristusvoimatestillä ja viiden kerran tuoliltanousutestillä. Lihasmassaa arvioitiin käyttämällä pituuteen suhteutettua raajojen lihasmassaa (ASMI), joka saatiin jakamalla DXA-mittauksen laskema raajojen lihasmassa henkilön pituuden neliöllä. Toimintakykyä arvioitiin kävelynopeuden, kuuden minuutin kävelytestin ja SPPB testin tuloksista. PASSWORD-tutkimuksen mittaukset on toteutettu vuonna 2017 ennen tutkimuksen interventioiden alkua.

TAULUKKO 5. Sarkopenian määrittämisessä käytetyt muuttujat, mittarit ja raja-arvot.

Muuttuja	Mittari	Raja-arvot	
		miehille	naisille
Lihasvoima	Käden puristusvoima (kg)	< 27 kg	< 16 kg
	Tuoliltanousutestin aika (s)	> 15 s	> 15 s
Lihasmassa	DXA-mittaus (kg/m ²)	< 7,0 kg/m ²	< 5,5 kg/m ²
Toimintakyky	20 metrin kävelytesti (m/s)	≤ 0,8 m/s	≤ 0,8 m/s
	SPPB testi (pisteet)	≤ 8 pistettä	≤ 8 pistettä
	6 minuutin kävelytesti (m)	≤ 400 m	≤ 400 m

Mikäli henkilöiden viitearvot puristusvoiman tai tuoliltanousutestin tai molempien osalta täyttyivät, luokiteltiin henkilöt MS ryhmään. Jos henkilöillä oli edellisten lisäksi alentunut pituuteen suhteutettu raajojen lihasmassa, luokiteltiin henkilöt SR ryhmään. Lisäksi, mikäli SR ryhmään kuuluneella henkilöllä oli alentunut toimintakykytestin tulos yhdessä tai useammassa toimintakykytestissä, luokiteltiin henkilö VSR ryhmään (taulukko 6).

TAULUKKO 6. Sarkopenian esiintyvyyden määrittämisessä (ei sarkopeniaa; ES, mahdollinen sarkopenia; MS, Sarkopenia; SR ja vaikea sarkopenia; VSR) käytetty malli.

	Alentunut lihasvoima	Alentunut lihasmassa	Alentunut toimintakyky
ES	Ei	-	-
MS	On	Ei	-
SR	On	On	Ei
VSR	On	On	On

Ryhmien välisiä eroja tarkasteltiin iässä, kehonkoostumuksessa (rasvamassa), toimintakyvyssä ja päivittäisessä fyysisessä aktiivisuudessa. Lisäksi antropometrisistä mitoista eroja tarkasteltiin pituudessa, painossa, kehon massaindeksissä (body mass index, BMI) ja vyötärön ympäryksessä (taulukko 7). Ryhmien välisessä vertailussa VSR ryhmään kuuluvat henkilöt yhdistettiin SR ryhmään, sillä SR ja VSR ryhmien koot olivat pienet. Ryhmien yhdistäminen mahdollisti myös toimintakykytestien tulosten vertaamisen ryhmien välillä, sillä toimintakykytestien tulokset eivät vaikuttaneet ryhmäluokitteluun.

TAULUKKO 7. Ryhmien välisissä vertailuissa käytetyt muuttujat ja mittarit.

Muuttuja	Mittari
Ikä	Ikä (vuosina)
Kehon koostumus	DXA-mittaus; rasvaprosentti (%), rasvamassa (kg)
Päivittäinen fyysinen aktiivisuus	7 vrk liikemittaus; paikallaanolo (min), kevyt (min), reipas ja rasittava (min)
Antropometriset mitat	Pituus (m), paino (kg), BMI (kg/m^2), vyötärön ympäryys (cm)

Lihassoiman testit. Käden puristusvoima mitattiin käyttämällä dynamometriä, puristamalla kädellä dynamometrillä kyynärpäätä 90 asteen kulmassa tuolin kyynärnojaa vasten. Osallistujia kannustettiin puristamaan dynamometrin kahvaa niin lujaa kuin mahdollista. Puristusvoimaa testattiin kolme kertaa, tai kunnes puristusvoimassa ei tapahtunut enää parannusta.

Analyysissä on käytetty mittauksien korkeinta puristusvoiman arvoa. Viiden kerran tuoliltanousutesti toteutettiin lyhyen fyysisen suorituskyvyn testin (SPPB) yhteydessä. Tuoliltanousutestissä osallistuja nousee tuolilta istuma-asennosta seisomaan ja takaisin istumaan viisi kertaa mahdollisimman nopeasti, niin että istuma-asennossa selkä osuu hallitusti tuolin selkänojaan. Ajanotto pysähtyy, kun henkilö nousee viidennen kerran seisomaan. Analyysissä on käytetty aikaa, joka henkilöllä meni suorittaessa viisi testiprotokollan mukaan toteutettua tuolilta ylösnousua (Sipilä ym. 2018).

Lihäs- ja rasvamassan sekä antropometrinen mittojen arvioiminen. Raajojen lihasmassan ja kehon rasvamassan selvittämisessä käytettiin matalaenergisestä kaksoisröntgensäteeseen perustuvaa DXA-mittausta. Mittauksen aikana henkilöt makasivat selinmakuuasennossa keskellä mittauspöytää. Mittauksessa käytettiin oletuskannausta koko kehon koostumukselle, jonka laitteiston ohjelmisto automaattisesti valitsi (Lunar Prodigy Advance Encore v. 14.10.022). Antropometrisiä arvoja mitattaessa käytettiin standardoituja menetelmiä pituuden, painon ja vyötärönympäryksen mittaamisessa. (Sipilä ym. 2018).

Toimintakyvyn testit. Lyhyessä fyysisen suorituskyvyn testistössä (SPPB) mitattiin kävelynopeus neljän metrin matkalla, viiden kerran tuolilta ylösnousuun menevä aika ja seisomatasapaino eri alkuasunnoissa. Analyysissä on käytetty SPPB-testin eri osa-alueista koostuvaa kokonaispistemäärää. Kävelynopeus mitattiin kahden samanaikaisesti suoritettavan tehtävän, kognitiivisen ja kävelytehtävän yhteydessä. Tavanomainen kävelynopeus mitattiin testin ensimmäisen suorituksen, 20 metrin kävelyn matkalta, jolloin osallistujat suorittivat pelkän kävelyn ilman kognitiivista tehtävää. Osallistujia ohjeistettiin kävelemään itse valitsemaansa nopeutta 20 metriä pitkällä kävelyväylällä. Kävelyn kuluva aika mitattiin käyttämällä valoantureita matkan alku ja loppupäässä. Kuuden minuutin kävelytesti suoritettiin 20 metriä pitkällä merkatulla radalla. Osallistujia kannustettiin kävelemään 6 minuuttia itselleen mieluisalla vauhdilla. Analyysissä on käytetty osallistujien kuuden minuutin aikana kävelemää kokonaismatkaa (Sipilä ym. 2018).

Objektiivisesti mitattu fyysisen aktiivisuuden määrä. Fyysisen aktiivisuuden määrää mitattiin käyttämällä RM45 kiihtyvyyssanturein toimivaa liikemittaria (UKK-instituutti, Tampere)

seitsemän vuorokauden ajan. Kiihtyvyyssmittari keräsi dataa x, y ja z-akselilla 100 hertsin näytteenottotaajuudella. Liikemittarin keräämä data on analysoitu ja jaoteltu kolmeen luokkaan, joita ovat paikallaanolo, kevyt fyysinen aktiivisuus sekä yhdistetty reipas ja rasittava fyysinen aktiivisuus (Sipilä ym. 2018).

5.2 Aineiston analysointimenetelmät

Sarkopenian esiintyvyyden arvioinnissa ja vaikeusastetta kuvaavien luokitusten määrittämisessä on käytetty EXCEL- taulukko-ohjelmistoa ja aineiston tilastolliset analyysit on suoritettu SPSS (IBM SPSS Statistics 28) tilasto-ohjelmalla. Esiintyvyyden laskemista varten tutkimusjoukko on jaettu lihasvoiman, lihasmassan ja toimintakykykymittareiden tulosten perusteella ES, MS, SR ja VSR ryhmiin. Ryhmien välisessä vertailussa SR ryhmä sisälsi myös VSR ryhmään kuuluneet henkilöt ja eroja tarkasteltiin ES, MS ja SR ryhmien välillä.

Useamman kuin kahden ryhmän välisessä vertailussa on käytetty parametrisistä testeistä yhdensuuntaista varianssianalyysiä (Anova). Kahden ryhmän välisissä vertailuissa on käytetty itsenäisten otosten t-testiä (Student t-test). Ei parametrisistä testeistä useamman kuin kahden ryhmän tai järjestysasteikollisten muuttujien vertailussa on käytetty Kruskal-Wallis testin ja kahden ryhmän välisissä vertailuissa on käytetty Mann-Whitneyn testiä. Lisäksi koko aineistossa sarkopenian eri luokkien välisiä eroja varianssianalyysillä tarkastellessa on käytetty erikseen mallia, joka huomioi myös sukupuolen vaikutuksen sarkopenialuokkien välisiä eroja analysoitaessa.

Analyysimenetelmistä on käytetty parametrisia tai ei parametrisiä testejä sen mukaan, noudattaako aineisto normaalijakaumaa vai ei. Normaalijakautuneisuutta on tarkasteltu aineistosta mallinnettujen graafisten histogrammien ja histogrammia kuvaavien huipukkuus (*curtosity*) ja vinous (*skewness*) arvojen ja normaaliuden testin avulla. Tilastollisesti merkitsevänä raja-arvona tutkimuksessa on käytetty p-arvoa 0.05, jolloin hyväksyttävä virheen mahdollisuus tuloksissa on alle 5 prosenttia (Metsämuuronen 2011, 440). Raportoinnissa tulosten luottamusvälit on esitetty 95 % luottamusvälillä ja ryhmien väliset erot keskiarvoeroina (mean difference, MD).

6 TULOKSET

Tutkimuksessa mukana olevien jyvaskyläläisten, kotona asuvien henkilöiden (n = 314) taustatiedot miehille ja naisille on esitelty taulukossa 8.

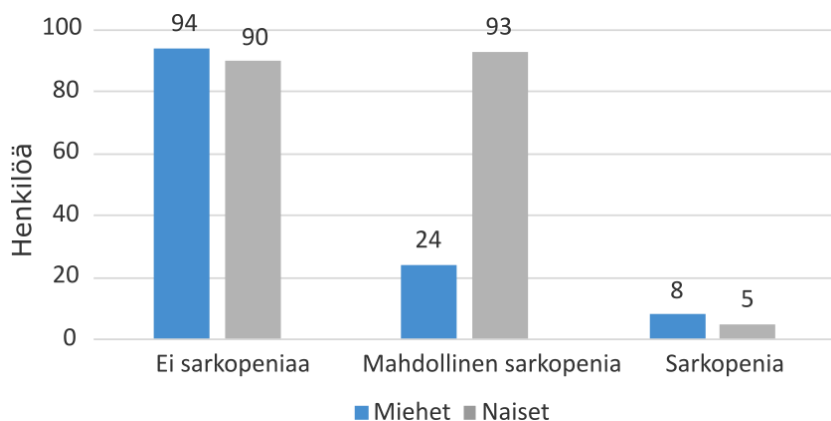
TAULUKKO 8. Tutkimukseen osallistuneiden miesten ja naisten taustatiedot (n = 314)

Muuttuja	Miehet (n = 126)		Naiset (n = 188)	
	ka* (sd*)	Vaihteluväli	ka (sd)	Vaihteluväli
Ikä (a)	74,4 (3,9)	69,2–85,0	74,5 (3,8)	69,2–85,1
Pituus (m)	1,74 (0,1)	1,57–1,86	1,61 (0,1)	1,46–1,78
Paino (kg)	84,2 (12,5)	57,9–124,0	71,9 (12,1)	44,0–128,5
BMI (kg/m ²)	27,9 (3,6)	19,9–38,8	28,0 (5,3)	18,2–53,5
Vyötärönympäryys (cm)	201,3 (9,7)	82,0–129,0	91,7 (12,3)	66,0–129,0
Kehon koostumus				
Rasvaprosentti (%)	30,2 (6,0)	13,2–45,5	40,1 (7,0)	18,8–57,5
Rasvamassa (kg)	25,8 (8,1)	8,6–53,8	29,3 (9,6)	8,5–68,2
ASMM (kg)	23,7 (2,9)	14,6–31,9	16,4 (2,0)	11,8–23,2
ASMI (kg/m ²)	7,9 (0,8)	5,2–10,5	6,4 (0,7)	5,1–9,0
Voima				
Puristusvoima (kg)	36,7 (9,5)	14,0–65,8	21 (5,7)	9,1–37,2
Tuoliltanousutesti (s)	12,6 (2,6)	7,7–19,7	14,8 (3,8)	7,25–31
Toimintakyky				
Kävelynopeus (m/s)	1,3 (0,2)	0,8–1,8	1,3 (0,2)	0,76–1,78
6min kävelytesti (m)	502,4 (89,9)	264–692	457,3 (70,3)	289–664
SPPB (pisteet)	10,6 (1,4)	4–12	9,8 (1,5)	4–12
Päivittäinen fyysinen aktiivisuus				
Paikallaanolo (min)	627,1 (81,0)	378,9–843,5	584,6 (79,9)	333,4–831,0
Kevyt (min)	196,9 (60,8)	69,6–360,7	219,8 (68,6)	84,4–471,3
Reipas ja rasittava (min)	33,1 (21,0)	0,6–103,6	32,1 (19,5)	1–107,6

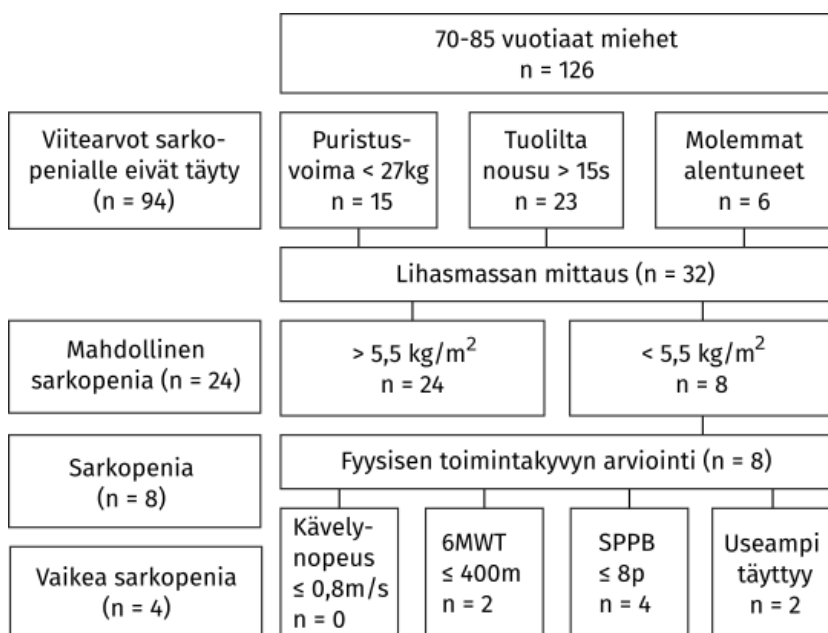
*ka = keskiarvo, sd = standard deviation, keskihajonta

6.1 Sarkopenian esiintyvyys

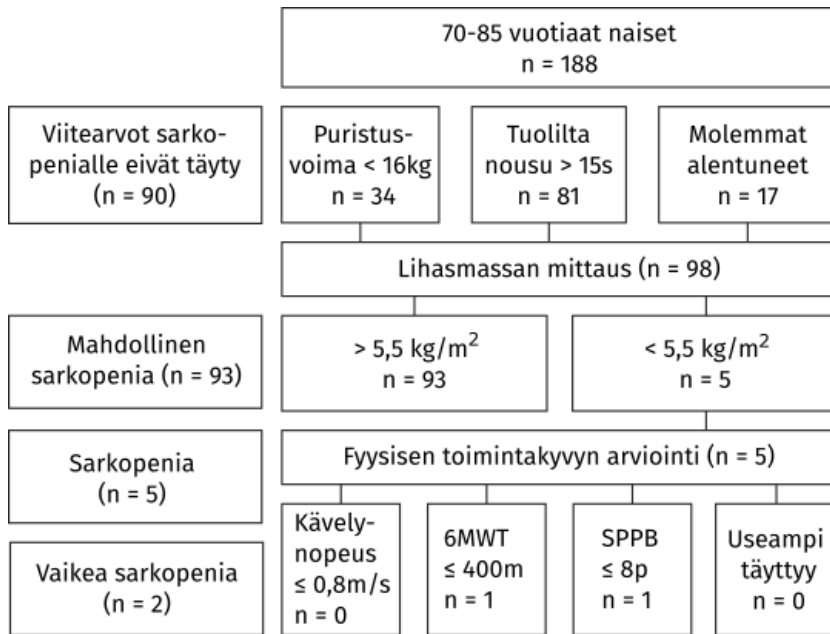
Jyväskyläläisillä kotona asuvilla ikääntyneillä sarkopenian esiintyvyys oli 4,1 % (miehillä 6,3 % ja naisilla 2,7 %). Mahdollisen sarkopenian esiintyvyys oli 37,3 % (miehillä 19,0 % ja naisilla 49,5 %) (kuva 6). Sarkopenian määritelmät täyttäneistä miehistä vaikea sarkopenia oli neljällä (3 %) ja naisista kahdella (1 %). Sarkopenian mittaaminen on esitelty kuvissa 7 ja 8.



KUVA 6. Sarkopenian esiintyvyys kotona asuvilla, vähän liikkuvilla 70–85-vuotiailla jyväskyläläisillä miehillä (n = 126) ja naisilla (n = 188).

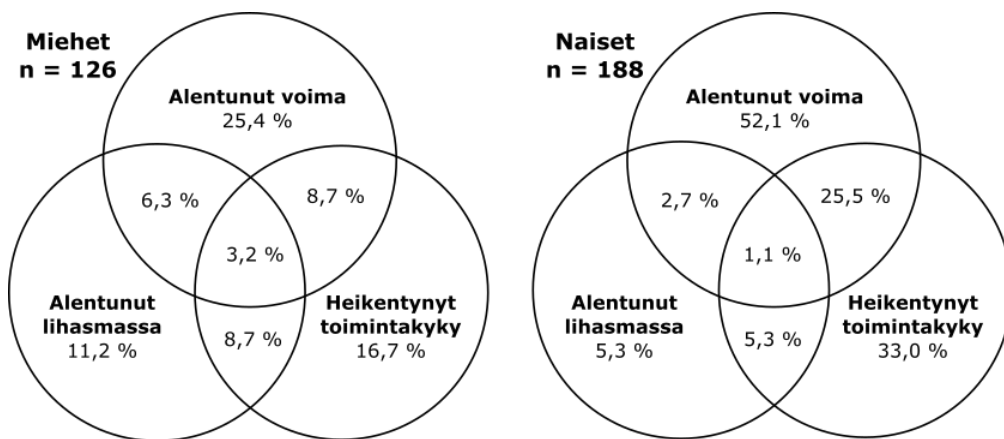


KUVA 7. Sarkopenian mittaaminen ja esiintyvyys miehillä Euroopan sarkopeniatyöryhmän toimintakaavion mukaan.



KUVA 8. Sarkopenian mittaaminen ja esiintyvyys naisilla Euroopan sarkopeniatyöryhmän toimintakaavion mukaan.

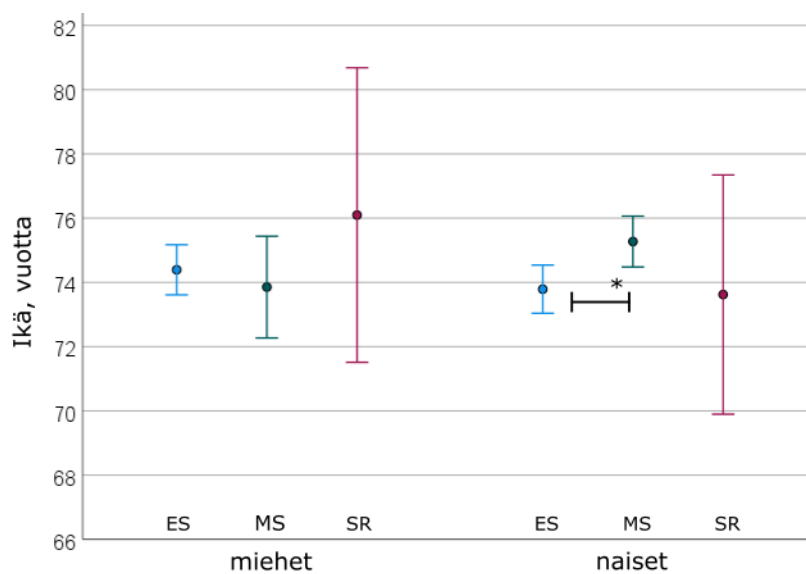
Sarkopenian määrittämisessä käytetyt raja-arvot pelkästään voiman osalta täyttyivät miehistä 25,4:lla % ja naisista 52,1:lla %. Lihasmassan osalta vastaavat luvut olivat 11,2 % ja 5,3 % ja toimintakyvyn osalta 16,7 % ja 33,0 % (kuva 9).



KUVA 9. Prosentuaaliset osuudet sarkopenian määrittämisessä käytettävien eri osa-alueiden raja-arvojen täyttymisessä kotona asuvilla 70–85-vuotiailla miehillä ja naisilla.

6.2 Sarkopenian vaikeusastetta kuvaavien ryhmien väliset erot

Mahdollinen sarkopeniaryhmään kuuluneet naiset (n = 93) olivat vanhempia (MD 1.5 vuotta, 95 % CI 0.4–2.6) kuin ES ryhmän naiset (n = 90). Muiden ryhmien välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja iässä. (Kuva 10).

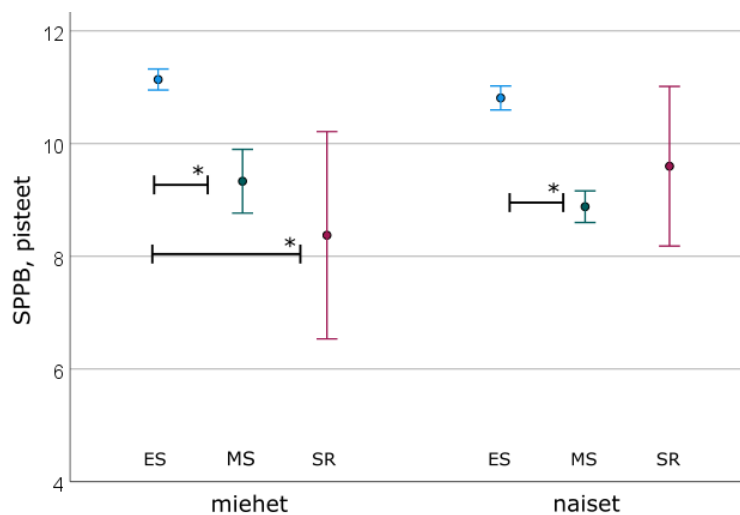


KUVA 10. Erot ei sarkopeniaa (ES), mahdollinen sarkopenia (MS) ja sarkopenia (SR) ryhmien välillä iässä vuosina miehillä ja naisilla. *Ero ryhmien välillä $p < 0.05$.

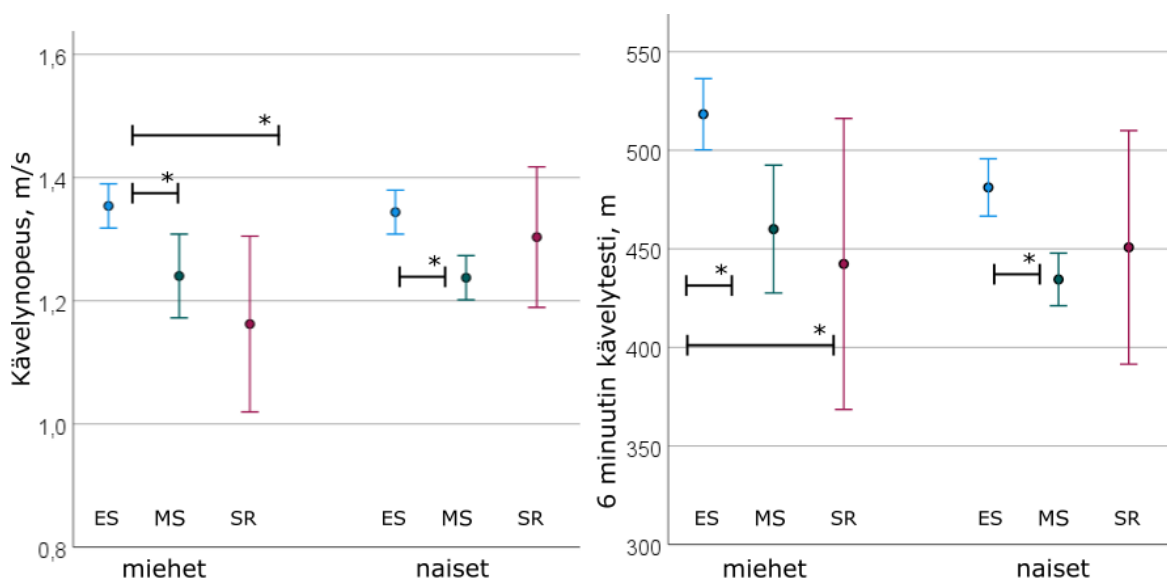
Toimintakyvyn osalta SR ryhmän miehillä oli alentuneet pisteet SPPB testissä (MD -2.8 pistettä, 95 % CI -4.6, -0.92), alentunut kävelynopeus (MD -0.2 m/s, 95 % CI -0.32, -0.06) sekä alentunut kävelymatka 6 minuutin kävelytestissä (MD -76.0 metriä, 95 % CI -140.4, -11.5) ja naisilla alentuneet pisteet SPPB testissä (MD -1.2 pistettä, 95 % CI -2.1, -0.3) verratessa ES ryhmiin. Otettaessa sukupuolen vaikutus huomioon koko aineistossa SR ryhmässä SPPB pisteet olivat alentuneet 2,1 pistettä ($p < 0.001$), kävelymatka oli alentunut 58 metriä ($p = 0.023$) ja kävelynopeus hidastunut 0,13 m/s ($p = 0.023$) verrattuna ES ryhmiin. (Kuvat 11 ja 12).

MS ryhmässä miehillä oli alentuneet pisteet SPPB testissä (MD -1.8 pistettä, 95 % CI -2.4, -1.1), alhaisempi kävelynopeus (MD -0.1 m/s, 95 % CI -0.2, -0.04) ja lyhyempi kävelymatka (MD -58.3 metriä, 95 CI -97.6, -19.3) ja naisilla alentuneet SPPB pisteet (MD -1.9 pistettä, 95 % CI -2.3, -1.6), alentunut kävelynopeus (MD -0.1 m/s, 95 % CI -0.2, -0.06) ja kävelymatka

(MD -46.7 metriä, 95 % CI -66.2, -27.1) verrattuna ES ryhmiin. Koko aineistossa MS ryhmässä SPPB pisteet oli alentuneet 1,9 pistettä, kävelynopeus oli alentunut 1,1 m/s ja kävelymatka oli alentunut 51 m verrattuna ES ryhmiin ($p < 0.001$). (Kuvat 11 ja 12).

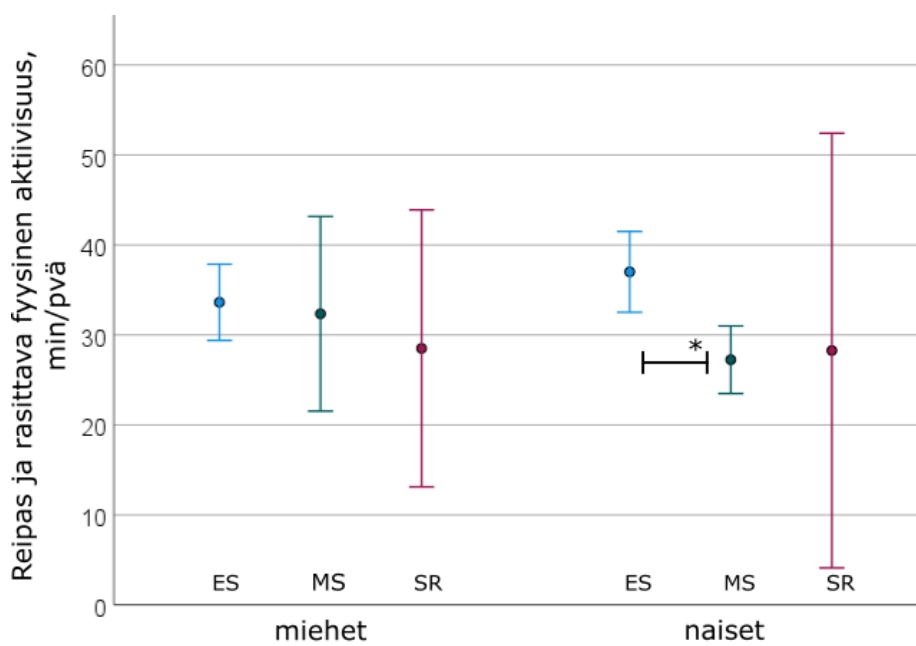


KUVA 11. Erot ei sarkopeniaa (ES), mahdollinen sarkopenia (MS) ja sarkopenia (SR) ryhmien välillä lyhyen fyysisen suorituskykytestistön (SPPB, short physical performance battery) pisteissä miehillä ja naisilla. *Ero ryhmien välillä $p < 0.05$.



KUVA 12. Erot ei sarkopeniaa (ES), mahdollinen sarkopenia (MS) ja sarkopenia (SR) ryhmien välillä kävelynopeudessa (m/s) ja kuuden minuutin kävelymatkassa (m) miehillä ja naisilla. *Ero ryhmien välillä $p < 0.05$.

MS ryhmän naisilla oli alhaisempi reippaan ja rasittavan fyysisen päivittäisen aktiivisuuden määrä (MD -9,7 min, 95 % CI -15.5, -3.9) verrattuna ES ryhmään. Koko aineistossa MS ryhmällä oli 7,1 minuuttia alhaisempi reippaan ja rasittavan päivittäisen liikunnan määrä verrattuna ES ryhmään ($p = 0.018$). Paikallaanolon ja kevyen fyysisen aktiivisuuden määrissä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja ryhmien välillä. (Kuva 13).



KUVA 13. Erot ei sarkopeniaa (ES), mahdollinen sarkopenia (MS) ja sarkopenia (SR) ryhmien välillä reippaan ja rasittavan fyysisen aktiivisuuden määrässä (minuuttia / päivä) miehillä ja naisilla. *Ero ryhmien välillä $p < 0.05$.

MS ryhmään kuuluvilla oli alhaisempi kävelynopeus (miehet 14 % ja naiset 8 %), lyhyempi 6 minuutin kävelymatka (miehet 11 % ja naiset 10 %) ja alhaisemmat SPPB pisteet (miehet 26 % ja naiset 18 %) verrattuna ES ryhmään ($p < 0.05-0.005$). SR ryhmään kuuluneilla miehillä oli 17 % alhaisempi kävelynopeus, 15 % lyhyempi kävelymatka ja 24 % alhaisemmat SPPB pisteet ($p < 0.05$), kun taas naisilla pelkästään SPPB pistemäärä oli alentunut 11 % verrattuna ES ryhmään ($p < 0.05$). Ryhmien keskiarvot, keskihajonnat ja ryhmien väliset tilastolliset eroavuudet on esitelty taulukoissa miehille (taulukko 9) ja naisille (taulukko 10).

TAULUKKO 9. Sarkopenian vaikeusastetta kuvaavien ryhmien väliset erot taustamuuttujissa, kehonkoostumuksessa, toimintakyvyssä ja fyysisessä aktiivisuudessa miehillä.

	ES (n = 94)	MS (n = 24)	SR (n = 8)	p ¹
	ka (sd)	ka (sd)	ka (sd)	
Ikä (a)	74,4 (3,8)	73,9 (3,7)	76,1 (5,5)	0.376
Pituus (m)	1,74 (0,06)	1,74 (0,07)	1,76 (0,08)	0.608
Paino (kg)	83,8 (11,9)	87,7 (14,4)	79,2 (12,1)	0.195
BMI (kg/m ²)	27,8 (3,5)	28,9 (3,4)	25,7 (4,3)	0.760
Vyötärönympäryys (cm)	101,7 (9,1)	105,9 (11,4)	97,5 (8,9)	0.057
Kehon koostumus				
Rasvaprocentti (%)	29,6 (5,9)	31,2 (6,2)	33,7 (5,7)	0.125
Rasvamassa (kg)	25,2 (7,8)	27,8 (9,3)	27,0 (7,4)	0.357
Toimintakyky				
Kävelynopeus (m/s)	1,4 (0,2)	1,2 (0,2)*	1,16 (0,2)**	< 0.001
6min kävelytesti (m)	518,3 (88,2)	460 (76,8)**	442,4 (88,3)*	0.002
SPPB (pisteet)	11,1 (0,9)	8,2 (1,3)**	8,4 (2,2)*	< 0.001
Päivittäinen fyysinen aktiivisuus				
Paikallaanolo (min)	628,5 (78,7)	634,3 (88,7)	591,0 (84,9)	0.411
Kevyt (min)	200,4 (59,9)	187 (64,8)	184,0 (62,5)	0.542
Reipas ja rasittava (min)	33,6 (20,3)	32,4 (25,0)	28,5 (18,4)	0.794

¹ANOVA testin p-arvo, post hoc -testi bonferroni; *ryhmä eroaa tilastollisesti ES ryhmästä p<0.05, ** p < 0.005

TAULUKKO 10. Sarkopenian vaikeusastetta kuvaavien ryhmien väliset erot taustamuuttujissa, kehonkoostumuksessa, toimintakyvyssä ja fyysisessä aktiivisuudessa naisilla.

	ES (n = 90)	MS (n = 93)	SR (n = 5)	p ¹
	ka (sd)	ka (sd)	ka (sd)	
Ikä (a)	73,8 (3,6)	75,3 (3,8)*	73,6 (3,0)	0.024
Pituus (m)	1,6 (0,1)	1,6 (0,1)	1,61 (0,06)	0.951
Paino (kg)	72,0 (13,4)	72,2 (12,8)	66,1 (14,3)	0.603
BMI (kg/m ²)	28,0 (5,4)	28,1 (5,3)	25,4 (5,4)	0.555
Vyötärönympäryys (cm)	91,3 (9,1)	92,2 (12,0)	89,4 (13,4)	0.817
Kehon koostumus				
Rasvaprosentti (%)	39,5 (6,7)	40,6 (7,1)	41,7 (9,1)	0.504
Rasvamassa (kg)	28,9 (9,7)	29,8 (9,6)	28,3 (12,0)	0.820
Toimintakyky				
Kävelynopeus (m/s)	1,3 (0,2)	1,2 (0,2)**	1,3 (0,1)	< 0.001
6min kävelytesti (m)	481,1 (69,5)	434,5 (64,8)**	450,8 (47,7)	< 0.001
SPPB (pisteet)	10,8 (1,0)	8,9 (1,4)**	9,6 (1,1)*	< 0.001
Päivittäinen fyysinen aktiivisuus				
Paikallaanolo (min)	583,5 (77,4)	584,7 (83,3)	602,6 (76,9)	0.875
Kevyt (min)	225,4 (63,7)	216,5 (73,0)	181,2 (72,5)	0.314
Reipas ja rasittava (min)	37,0 (20,7)	27,3 (17,1)**	28,3 (19,4)	0.005

¹ANOVA testin p-arvo, post hoc -testi bonferroni; *ryhmä eroaa tilastollisesti ES ryhmästä p<0.05, ** p < 0.005

7 POHDINTA

Tässä tutkimuksessa selvitettiin sarkopenian esiintyvyyttä ja eroja sarkopenialuokkien välillä 70–85-vuotiaiden kotona asuvien vähän liikkuvien aineistossa. Sarkopenian esiintyvyys aineistossa oli neljä prosenttia. Lihasvoima oli alentunut puristusvoiman tai tuoliltanousutestin perusteella naisista noin puolella ja miehistä viidesosalla. Ryhmien välisissä vertailuissa nousi esille erot erityisesti toimintakykytestien tuloksissa, niin että tulokset olivat alhaisemmat MS ja SR ryhmissä verratessa ES ryhmiin. Lisäksi naiset olivat MS ryhmässä 1,5 vuotta iäkkäämpiä ja heillä oli noin 10 minuuttia alhaisempi päivittäinen reippaan ja rasittavan fyysisen aktiivisuuden määrä verrattuna ES ryhmän naisiin. Rasvamassassa, rasvaprosentissa, pituudessa, painossa, kehon painoindeksissä tai vyötärönympäryksessä ei havaittu eroja ryhmien välillä.

Erityisesti alhaisen lihasvoiman esiintyvyys kotona asuvilla iäkkäillä (miehillä 25 % ja naisilla 52 %) on merkittävä havainto, koska pelkästään alentunut lihasvoima ennustaa toimintakyvyn ja terveyden haittoja ja kohonnutta kuolleisuutta ikääntyneillä ihmisillä (Bohannon ym. 2019; Li ym. 2018). Tutkimustuloksen pohjalta voidaan suositella, että terveydenhuollossa ja etenkin fysioterapian vastaanotolla kohdennetaan lihasvoiman seulontaa vähän liikkuviin, kotona asuviin iäkkäisiin henkilöihin. Seulonnassa voidaan hyödyntää edullisia ja helposti käytettäviä lihasvoimaa arvioivia puristusvoiman mittausta ja tuoliltanousutestiä (Beudart ym. 2016). Seulonnan avulla voidaan löytää ne iäkkäät henkilöt, joilla lihasvoima on alentunut ja jotka erityisesti hyötyvät lihasvoimaharjoittelusta ja fyysisen aktiivisuuden lisäämisestä.

7.1 Sarkopenian esiintyvyys

Tutkimuksen tulosten mukaan keskisuomalaisilla kotona asuvilla ja vähän liikkuvilla iäkkäillä sarkopenian esiintyvyys oli 4 prosenttia. Esiintyvyys sekä miehillä (6 %) ja naisilla (3 %) on alhaista, kun tuloksia verrataan kansainvälisten katsausten tuloksiin. Laajassa kansainvälisessä katsauksessa esiintyvyys vaihteli tutkimusten välillä iäkkäillä kotona asuvilla miehillä 3–26 % ja naisilla 1–30 % välillä (Cruz-Jentoft ym. 2014). Yli 60-vuotiailla kotona asuvilla sarkopenian esiintyvyyttä tarkastelevassa metasynteessä eurooppalaisilla miehillä (n = 2048) ja naisilla (n

= 2824) esiintyvyys oli 13 % ja 14 % (Papadopoulou ym. 2020). Naisten osalta tämän tutkimuksen tulokset ovat yhdensuuntaisia Patilin ym. (2012) tamperelaisille naisille tehdyn tutkimuksen tulosten kanssa, jossa esiintyvyys naisilla oli 0,9 % ja 2,7 % käytettyjen määritelmien (EWGSOP 2010 ja IWGS) mukaan (Patil ym. 2012).

Aikaisemmissa tutkimuksissa käytetyt määritelmät ja raja-arvot ovat muuttuneet ja tulosten vertaamisessa aikaisempaan tutkimustietoon tulee olla varovainen. Esimerkiksi Locquetin ja Beaudartin (2019) julkaisussa sarkopenian esiintyvyys laski 13,6:sta 7,4 prosenttiin, kun he laskivat EWGSOP:n vuoden 2010 toimintakaaviolla lasketun esiintyvyyden uudestaan vastaavalla vuoden 2019 suosituksella (Locquet & Beudart 2019). Lisäksi Papadoloun ym. (2020) metasynteesissä tuotiin esille, että eri määritelmiä käyttämällä esiintyvyys maailmanlaajuisesti kotona asuvilla iäkkäillä miehillä vaihteli 8–12 % ja naisilla 5–11 % välillä.

Sarkopenian alhaista esiintyvyyttä verratessa aikaisempiin tutkimustuloksiin aineistossa selittää käytettyjen määritelmien ja raja-arvojen vaihtelevuuden lisäksi myös PASSWORD-tutkimuksen liikuntainterventioluonne ja sisäänotto- ja poissulkukriteerit. Poissulkukriteerit jättivät aineistosta pois kaikkein sairaimmat ja ne kotona asuvat, jotka eivät pystyneet osallistumaan liikuntainterventioon. Lisäksi liikuntainterventioon osallistuvat voivat olla ryhmässään eniten liikkuvia, mikä voi aiheuttaa otantaharhaa. Näistä syistä tuloksia ei voida yleistää koko väestöön ja onkin todennäköistä, että valikoimattomassa suomalaisessa otannassa sarkopenian esiintyvyys on korkeampaa.

Tuloksista huomataan, että lihasvoiman osalta raja-arvot täyttyivät miehillä ja naisilla useammin tuoliltanousutestissä kuin puristusvoimassa. Esimerkiksi naisista tuoliltanousutestin raja-arvot täyttyivät 81:llä ja puristusvoimatestin osalta 34:llä. Yhtenä syynä tähän voidaan pitää ikääntymiseen liittyvää suurempaa alaraajojen suhteellista lihasvoiman- ja massan alenemista verrattuna yläraajoihin (Dey ym. 2009; Janssen ym. 2000). Toisaalta tuoliltanousutestin tulokseen voivat vaikuttaa alaraajojen lihasvoiman lisäksi myös muut tekijät kuten paino, kaatumisen pelko tai nilkan liikkuvuus (Valkeinen ym. 2020). Vastaavasti, mikäli tutkimuksessa sarkopenian esiintyvyyden arvioimiseksi olisi käytetty vain puristusvoimatestiä, olisi esiintyvyys mahdollinen sarkopenia ja sarkopenia ryhmissä alhaisempaa.

Sarkopenian syntyyn ovat yhteydessä ikääntymiseen liittyvä aleneminen fyysisessä aktiivisuudessa, heikentyneessä ravitsemuksessa ja muutokset terveydessä (Ardeljan & Hurezeanu 2021; Cruz-Jentoft ym. 2019; Steffl ym. 2017b). Tämän tutkimuksen alhainen sarkopenian esiintyvyys tukee edellä kuvattua, sillä aineisto kuului liikuntainterventiotutkimukseen, jossa henkilöt olivat perusterveitä eikä heillä ollut liikkumista estäviä haittoja tai estettä osallistua turvallisesti liikuntaharjoitteluun. Lisäksi, vaikka sisäänottokriteereinä PASSWORD-tutkimuksessa oli korkeintaan alle 150 minuuttia reipasta tai rasittavaa fyysistä aktiivisuutta viikossa, objektiivisesti mitattuna henkilöiden reippaan ja rasittavan aktiivisuuden määrä oli keskimäärin noin 33 minuuttia päivässä. Myös Patilin ym. (2012) tamperelaisille naisille tehdyssä tutkimuksessa käytettiin liikuntainterventiotutkimuksen aineistoa, jossa sisäänotto- ja poissulkukriteerien myötä aineisto koostui henkilöistä, joilla ei ollut liikkumista estäviä sairauksia ja esiintyvyys oli alhainen 0,9–2,7 % (Patil ym. 2012).

Tutkimuksessa mukana olleilla naisista jopa puolella ja miehistä neljäsosalla oli pelkästään alentunut lihasvoima eli mahdollinen sarkopenia, kun lihasvoimaa arvioitiin puristusvoima- ja tuoliltanousutestillä. Alentunut lihasvoima tuoliltanousutestillä ja puristusvoimamittauksella mitattuna ennustaa kohonnutta riskiä haitallisille terveystapahtumille, sairaalaan joutumiselle ja kuolleisuudelle (Valkeinen ym. 2020; Bohannon 2019; Cesari ym. 2009). Euroopan sarkopeniatyöryhmä toimintakaavion mukaisesti alentuneen lihasvoiman perusteella suositellaan arvioimaan muita oireita ja aloittamaan kuntoutus tarpeen mukaan (Cruz-Jentoft ym. 2019). Korkea mahdollisen sarkopenian esiintyvyys antaa viitteitä siitä, että kotona asuvia terveitä, vähän liikkuvia ikääntyneitä tulee kannustaa liikunnan ja erityisesti lihasvoimaa edistävän harjoittelun pariin. Oikeanlaisella harjoittelulla voidaan tehokkaasti ehkäistä terveyshaittoja, viivästyttää tai ehkäistä sarkopeniaa ja siitä aiheutuvia terveyshaittoja ja alentaa terveydenhuollon kustannuksia (Cruz-Jentoft ym. 2019; Janssen ym. 2004).

Sarkopenian vaikeutta toimintakykytesteillä määrittäessä on myös huomioitava, että suositellut toimintakykytestit mittaavat osittain eri asioita. Kuuden minuutin kävelytestissä mitataan aerobista kapasiteettia, kun esimerkiksi SBBP testissä tarvitaan monipuolisemmin hyvää alaraajojen lihasvoimaa, tasapainoa ja kävelynopeutta (Valkeinen ym. 2014; Rikli & Jones 1998). Pelkästään kävelynopeuden mittaaminen kuvastaa kattavasti muutoksia toimintakyvyssä ja fysiologiassa, sillä kävelynopeuteen vaikuttavat fyysisen suorituskyvyn lisäksi myös

havaintokyky, kognitiivinen status ja esimerkiksi mielenterveys (Fritz & Lusardi 2009). Kliinisessä työssä sarkopenian vaikeutta arvioidessa onkin tärkeä pohtia, onko henkilön elämänlaadun ja arjessa pärjäämisen kannalta tärkeämpi arvioida esimerkiksi aerobista kuntoa vai toimintakykyä monipuolisemmin.

7.2 Sarkopenian vaikeusastetta kuvaavien ryhmien väliset erot

Naisilla päivittäisen reippaan ja rasittavan fyysisen aktiivisuuden määrä MS ryhmässä oli noin 10 minuuttia alhaisempi verrattuna ES ryhmään. Tulos tukee aikaisempaan tutkimustietoa, minkä mukaan alentunut fyysinen aktiivisuus on yhteydessä alhaisempaan lihasvoimaan ja korkeampaan sarkopenian esiintyvyyteen ikääntyneillä ihmisillä (Steffl ym. 2017b). Naisilla oli myös 1,5 vuotta korkeampi keski-ikä MS ryhmässä verrattuna ES ryhmään. Aikaisemmissa tutkimuksissa lihasvoiman alenemisessa alkaakin näkyä kiihtymistä yli 75-vuoden iässä verrattuna nuorempiin henkilöihin, etenkin puristusvoimassa ja polven ojennusvoimassa (Mitchell ym. 2012; Dey ym. 2009).

Fyysisten toimintakykytestien tulosten kannalta eroja MS ja ES ryhmien välillä voidaan pitää kliinisesti merkittävänä. SPPB tuloksissa MS ryhmässä keskimääräinen tulos oli miehillä 8,2 ja naisilla 8,9 pistettä (vrt. ei sarkopeniaa 11,1 ja 10,8), kun 7–9 pisteen tulos ennustaa 35–50 prosentin kuolleisuusriskin kasvua verrattuna yli 9 pisteen tuloksiin (Pavasini ym. 2016; Freiburger ym. 2012). Lisäksi alle 10 pisteen tulos ennustaa lisääntyneitä riskejä laitoshoidon joutumiselle ja liikkumisen vaikeuksille verrattuna yli 10 pisteen tuloksiin (Freiburger ym. 2012). Tuloksissa MS ryhmään kuuluneilla miehillä ja naisilla oli ES ryhmään verrattuna lyhyempi kävelymatka kuuden minuutin kävelytestissä (miehet 58 ja naiset 46 m) ja hitaampi kävelynopeus 20 metrin kävelytestillä mitattuna (miehet 0,2 m/s ja naiset 0,1 m/s) verrattuna ei sarkopenia ryhmiin. Erityisesti kuuden minuutin kävelytestin alentuneen kävelymatkan perusteella voidaan sanoa, että MS ryhmällä on verrokkeja heikompi aerobinen kapasiteetti. Lisäksi kävelynopeuden hidastuminen on yhteydessä ikääntyneillä moniin eri toimintakyky- ja terveyshaittoihin (Middleton & Lusardi 2015).

SR ryhmään kuuluvilla erot fyysisen toimintakyvyn muutoksissa olivat merkitseviä miehillä kävelynopeuden, kävelymatkan ja SPPB pisteiden suhteen verratessa ES ryhmään, kun naisilla ryhmien välinen ero näkyi vain SPPB pisteissä. Aikaisemmissa tutkimuksissa on havaittu, että esimerkiksi ikääntymiseen liittyvä fyysisen aktiivisuuden väheneminen edistää lihaskatoa, primäärisen sarkopenian yhteydessä rasvakudoksen määrä nousee ja kaikkein iäkkäimmillä henkilöillä lihasvoiman ja lihasmassan vuosittainen aleneminen on nuoria suurempaa (Cruz-Jentoft ym. 2019; Perés-Baos ym. 2018; Mitchell ym. 2012). Sarkopenian alhainen esiintyvyys tässä aineistossa ja siitä johtuva pieni otoskoko SR ryhmässä ei anna analyyseissä tarpeeksi voimaa, jotta oletettavat erot rasvamassassa tai rasvaprosentissa, iässä tai fyysisen aktiivisuuden määrissä näkyisivät SR ja ES ryhmien välillä.

7.3 Tutkimuksen vahvuudet ja heikkoudet

Tutkimuksen vahvuuksina on kohtalaisen iso otanta sekä se, että sarkopenian määrittämisen kannalta on mitattu kaikki tarvittavat muuttujat. Aineisto on kerätty Jyväskylän yliopiston PASSWORD-tutkimusryhmän toimesta ja aineisto, menetelmät ja aineiston keruu on määritelty tarkasti. Aineiston tarkka esittely mahdollistaa, että tuloksia voidaan jatkossa verrata muihin vastaaviin aineistoihin sarkopenian esiintyvyyttä selvittävässä tutkimuksissa. Lihasmassan mittaamisessa on käytetty DXA menetelmää, jota on ehdotettu standardoiduksi menetelmäksi lihasmassan arvioimiseksi sarkopeniaa määrittäessä (Albano ym. 2020; Buckinx ym. 2019). Myös fyysisen aktiivisuuden määrä on mitattu objektiivisesti, jolloin saadaan mahdollisimman totuudenmukainen kuva fyysisen aktiivisuuden määristä. Esiintyvyyttä laskiessa ja aineiston analyysejä tehdessä on käytetty tieteellistä huolellisuutta ja tarkkuutta, ja sarkopenian esiintyvyys on laskettu kahdesti, saaden molemmilla kerroilla sama tulos. Suomessa ei ole aikaisemmin tehty uusiin vuonna 2019 julkaistuihin EWGSOP määritelmiin perustuvaa sarkopenian esiintyvyyttä selvittävää tutkimusta eikä sarkopenian esiintyvyyttä ole aikaisemmin selvitetty suomalaisilla miehillä.

Otoskoosta huolimatta SR ryhmän koko jäi pieneksi, eikä SR ryhmän koko tuo tarpeeksi voimaa, jotta aineistossa voitaisiin osoittaa tarkemmin SR ryhmässä mahdollisesti havaittavia eroja muiden ryhmien välillä. PASSWORD-tutkimuksen liikuntaintervention luonteesta

johtuen, aineistossa on mahdollista otantaharhaa ja mukana voi olla vähän tai kohtalaisesti liikkuvista kaikkein eniten liikkuvat ja liikunnasta kiinnostuneet. Tällöin erityisesti ne, jotka eniten hyötyisivät ja tarvitsevat liikuntainterventiota, voivat jäädä aineistosta pois. Tämä näkyi myös siinä, että todellisuudessa reippaan ja rasittavan fyysisen aktiivisuuden määrä oli korkeampi kuin tutkimuksen sisäänottokriteereissä. Kuitenkin myös liikemittarin käyttö pelkästään voi herkästi lisätä päivittäistä fyysistä aktiivisuutta, vaikka osallistujia kehoitettiin jatkamaan liikkumista samoin, kuin liikemittausta edeltävänä aikana. Poikkileikkausaineistosta tehty havainnoiva tutkimus ei myöskään pysty nostamaan esille sarkopenian syntyyn yhteydessä olevia tekijöitä. Havainnoiden pohjalta voidaan nostaa esille vain ryhmiä kuvaavia ilmiöitä ja eroja ryhmien välillä.

8 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksessa mukana olleilla kotona asuvilla vähän liikkuvilla iäkkäillä lihasvoima oli alentunut miehistä viidesosalla ja naisista jopa puolella. Alentunut lihasvoima on yhteydessä suurentuneeseen riskiin erilaisille toimintakyvyn rajoitteille, kaatumisille ja lisääntyneelle kuolleisuudelle. Toimintakyvyn laskun ja haitallisten terveystapahtumien ja kohonneiden terveyskulujen ehkäisemiseksi on tärkeää edistää kotona asuvien vähän liikkuvien iäkkäiden liikkumistottumuksia ja kannustaa heitä voimaharjoitteluun.

Sarkopenian esiintyvyys aineistossa oli melko alhainen. Jatkossa sarkopenian selvittämiseksi tarvitaan lisää tutkimusta etenkin suomalaisilla ikääntyneillä tehdyssä valikoimattomassa otannassa. Tieto sarkopenian esiintyvyydestä ja mahdollisista taustatekijöistä auttaa terveydenhuoltoa kohdistamaan tarvittavia toimenpiteitä niille iäkkäille, jotka ovat erityisessä riskissä toimintakyvyn heikkenemiselle ja haitallisille terveystapahtumille.

LÄHTEET

- Aagard, P., Suetta, C., Caserotti, P., Magnusson, S. & Kjær, M. 2010. Role of the nervous system in sarcopenia and muscle atrophy with aging: strength training as a countermeasure. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 20, 49–64.
- Albano, D., Messina, C., Vitale, J. & Sconfienza, L. 2020. Imaging of sarcopenia: old evidence and new insights. *European Radiology* 30, 2199–2208.
- Anker, S., Morley, E. & von Haehling, S. 2016. Welcome to the ICD-10 code for sarcopenia. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle* 7, 512–514.
- Antunes, A., Araújo, D., Veríssimo, M. & Amaral, T. 2017 Sarcopenia and hospitalisation costs in older adults: a cross sectional study. *Nutrition and Dietetics* 74, 46–50. DOI: 10.1111/1747-0080.12287
- Ardeljan, A. & Hurezeanu, R. 2021. Sarcopenia. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK560813/>
- Barclay, R., Burd, N., Tyler, C., Tillin, N. & Mackenzie, R. 2019. The role of the IGF-1 signaling cascade in muscle protein synthesis and anabolic resistance in aging skeletal muscle. *Frontiers in Nutrition* 6 (146).
- Bassett, D. & Howley, E. 2000. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinant of endurance performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise* 32 (1), 70.
- Bautmans, I., Lambert, M. & Mets, T. 2004. The six-minute walk test in community dwelling elderly: influence of health status. *BMC Geriatrics*. 4 (6).
- Beaudart, C., McCloskey, E., Bruyère, O., Cesari, M., Rollanr, Y., Rizzoli, R., de Carvalho, I., Thiagarajan, J., Bautmans, I., Bertièrre, M-C., Brandi, M., Al-Daghri, N., Burlet, N., Cavalier, E., Cerreta, F., Cherubini, A., Fielding, R., Gielen, E., Landi, F., Petermans, J., Reginster, J-Y, Visser, M., Kanis, J. & Cooper, C. 2016. Sarcopenia in daily practice: assessment and management. *BMC Geriatrics* 16 (170).
- Beaudart, C., Reginster, J., Slomian, J., Buckinx, F., Dardenne, N., Quabon, A., Slangen, C., Gillain, S., Petermans, J. & Bruyère, O. 2015. Estimation of sarcopenia prevalence using various assessment tools. *Experimental Gerontology* 61, 31–37.
- Beaudart, C., Zaaria, M., Pasleau, F., Reginster, J-Y. & Bruyère, O. 2017. Health Outcomes of Sarcopenia: A Systematic Review and Meta-Analysis. *PLoS ONE* 12(1): e0169548.

- Bergland, A., Jørgensen, L., Emaus, N. & Strand, B. 2017. Mobility as a predictor of all-cause mortality in older men and women: 11.8 year follow-up in the Tromsø study. *BMC Health Services Research* 17(22).
- Bergland, A. & Strand, B. 2019. Norwegian reference values for the short physical performance battery (SPPB): the Tromsø Study. *BMC Geriatrics* 19, 216.
- Betik, A. & Hepple, R. 2008. Determinants of VO₂max decline with aging: an integrated perspective. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism* 33, 130–140.
- Bijlsma, A., Meskers, M., van den Eshof, N., Westendorp, R., Sipilä, S., Stenroth, L., Sillanpää, E., McPhee, J., Jones, D., Narici, M., Gapeyeva, H., Pääsuke, M., Voit, T., Barnouin, Y., Hogrel, J., Butler-Brownme, G. & Maier, A. 2014. Diagnostic criteria for sarcopenia and physical performance. *AGE* 36, 275–285.
- Binotto, M., Lenardt, M. & Rodríguez-Martínez, M. 2018. Physical frailty and gait speed in community elderly: a systematic review. *Revista da Escola de Enfermagem da USP*. 2018, 52: e03392.
- Bohannon, R. & Andrews, A. 2011. Normal walking speed: a descriptive meta-analysis. *Physiotherapy* 97 (3), 182–189.
- Bohannon, R. 2019. Grip Strength: An indispensable biomarker for older adults. *Clinical interventions in aging*. 14, 1681–1691.
- Boyer, K., Johnson, R., Banks, J., Jewell, C. & Hafer, J. 2017. Systematic review and meta-analysis of gait mechanics in young and older adults. *Experimental Gerontology* 95, 63–70.
- Breen, L. & Phillips, S. 2013. Interactions between exercise and nutrition to prevent muscle waste during ageing. *British Journal of Clinical Pharmacology* 75 (3), 708–715.
- Buckinx, F. & Aubertin-Leheudre, M. 2019. Relevance to assess and preserve muscle strength in aging field. *Progress in Neuropsychopharmacology & Biological Psychiatry* 94, 109663.
- Buckinx, F., Landi, F., Cesari, M., Fielding, M., ym. 2018. Pitfalls in the measurement of muscle mass: a need for reference standard. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle* 9, 269–278.
- Buckinx, F., Landi, F., Cesari, M., Fielding, M. ym. 2019. The authors reply: Letter on "Pitfalls in the measurement of muscle mass: a need for reference standard" by Clark et al. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle* 9, 1272–1274.

- Calvani, R., Picca, A., Marini, F., Biancolillo, A., Cesari, M., Pesce, V., Lezza, A., Bossola, M., Leeuwenburgh, C., Bernabei, R., Landi, F. & Marzetti, E. 2018. The “BIOMarkers associated with Sarcopenia and PHysical frailty in EldeRly pErsons” (BIOSPHERE) study: Rationale, design and methods. *European Journal of Internal Medicine* 56, 19–25.
- Campbell, M., McComas, A. & Petito, F. 1973. Physiological changes in ageing muscles. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry* 36, 174–182.
- Celis-Morales, C., Welsh, P., Lyall, D., Steell, L., Petermann, F., Anderson, J., Iliodromiti, S., Sillars, A., Graham, N., MacKay, D., Pell, J., Gill, J., Sattar, N. & Gray, S. 2018. Associations of grip strength with cardiovascular, respiratory, and cancer outcomes and all cause mortality: prospective cohort study of half a million UK Biobank participants. *British medical journal* 361, k1651.
- Cesari, M., Kritchevsky, S. Newman, A. ym. 2009. Added Value of Physical Performance Measures in Predicting Adverse Health-Related Events: Results from the Health, Aging, and Body Composition Study. *Journal of American Geriatric Society* 57 (2), 251–259.
- Chalhoub, D., Cawthon, P., Ensrud, K., Stefanick, M., Kado, D., Boudreau, R., Greenspan, S., Newman, A., Zmuda, J., Orwoll, E. & Cauley, J. 2017. Risk of non-spine fractures among older men and women with sarcopenia, low bone mass, or both. *Journal of American Geriatrics Society* 63 (9), 1733–1740
- Clark, B. & Taylor, J. 2011. Age-related changes in motor cortical properties and voluntary activation of skeletal muscle. *Current Aging Science* 4 (3), 192–199.
- Camarri, B., Eastwood, P., Cecins, N., Thompson, P. & Jenkins, S. 2006. Six minute walk distance in healthy subjects aged 55–75 years. *Respiratory medicine* 100 (4), 658–665.
- Chen, L-K., Woo, J., Assantachai, P. ym. 2020. Asian Working Group for Sarcopenia: 2019 Consensus Update on Sarcopenia Diagnosis and Treatment. *Journal of the American Medical Directors Association* 21 (21), 300–307.
- Cruz-Jentoft, A., Bahat, G., Bauer, J. ym. 2019. Sarcopenia: revised European consensus on definition and diagnosis. *Age and Ageing* 48, 16–3.
- Cruz-Jentoft, A. Baeyens, J., Bauer, J. ym. 2010. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis. *Age and Ageing* 39, 412–423.
- Cruz-Jentoft, A., Landi, D., Schneider, S., Zúñiga, C., Arai, H., Boirie, Y., Chen, L-K., Fielding, R., Martin, F., Miche, J-P., Sieber, C., Stout, J., Studenski, S., Vellas, B., Woo, J.

- Zamboni, M. & Cederholm, T. 2014. Prevalence of and interventions for sarcopenia in ageing adults: a systematic review. Report of the International Sarcopenia Initiative (EWGSOP and IWGS). *Age and Ageing* 43 (6), 748–759.
- Cruz-Jentoft, A. & Sayer, A. 2019. Sarcopenia. *The Lancet* 393, 2636–2646.
- Dam, T-T., Peters K., Fragala, M., Cawthon, P., Harris, T., McLean, R., Shardell, M., Alley, D., Kenny, A., Ferrucci, L., Guralnik, J., Kiel, D., Kritchevsky, S., Vassileva, M. & Studenski, S. 2014. An Evidence-Based Comparison of Operational Criteria for the Presence of Sarcopenia. *Journals of Gerontology: Medical Sciences* 69 (5), 584–590.
- Dao, T., Green, A., Kim, Y., Bae, S-J., Ha, K-T., Gariani, K., Lee, M., Menzies, K. & Ryu, D. 2020. Sarcopenia and muscle aging: A brief overview. *Endocrinology and metabolism* 35, 716–732.
- Delmonico, M., Harris, T., Visser, M., Park, S., Conroy, M., Velasquez-Mieyer, P., Boudreau, R., Manini, T., Nevitt, M., Newman, A. & Goodpaster, B. 2009. Longitudinal study of muscle strength, quality, and adipose tissue infiltration^{1,2,3}. *The American Journal of Clinical Nutrition* 90 (6), 1579–1585.
- Dey, D., Bosaeus, I., Lissner, L. & Steen, B. 2009. Changes in body composition and its relation to muscle strength in 75-year-old men and women: a 5-year prospective follow-up study of the NORA cohort in Göteborg, Sweden. *Nutrition* 25 (6), 613–619.
- Distefano, G. & Goodpaster, B. 2018. Effects of Exercise and Aging on Skeletal Muscle. *Cold Spring Harbor Perspectives in Medicine* 8, a029785.
- Dodds, R., Granic, A., Davies, K., Kirkwood, T., Jagger, C. & Sayer, A. 2017. Prevalence and incidence of sarcopenia in the very old: findings from the Newcastle 85+ Study. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle* 8, 229–237.
- Escriche-Escruder, A., Fuentes-Abolafío, I., Roldán-Jiménez, C. & Guesta-Vargas, A. 2021. Effects of exercise on muscle mass, strength, and physical performance in older adults with sarcopenia: A systematic review and meta-analysis according to the EWGSOP criteria. *Experimental Gerontology* 151, 111420.
- Fiatarone, M., O'Neill, E., Ryan, N., Clements, K., Solares, G., Nelson, M., Roberts, S., Kehayias, J., Lipsitz, L. & Evans, W. 1994. Exercise Training and Nutritional Supplementation for Physical Frailty in Very Elderly People. *The New England Journal of Medicine* 330, 1769–1775.

- Fielding, R., Vellas, S., Evans, W., Bhasin, S. ym. 2011. Sarcopenia: An Undiagnosed Condition in Older Adults. Current Consensus Definition: Prevalence, Etiology, and Consequences. International Working Group on Sarcopenia. *JAMDA, The Journal of Post-Acute and Long-Term Care Medicine* 12 (4), 249–256.
- Florez, H. & Troen, B. 2008. Fat and inflammaging: a dual path to unfitnes in elderly people? *Journa of the American Geriatrics Society* 56 (3), 558–560.
- Freiberger, E., de Vreede, P., Schoene, D., Rydwick, E., Mueller, V., Frändin, K. & Hopman-Rock, M. 2012. Performance-based physical function in older community-dwelling persons: a systematic review of instruments. *Age and Ageing* 41, 712–721.
- Fritz, S. & Lusardi, M. 2009. White Paper: "Walking speed: the sixth vital sign". *Journal of Geriatric Physical Therapy* 32 (2), 2–5.
- Fontera, W. & Ochala, J. 2014. Skeletal Muscle: A Brief Review of Structure and Function. *Calcified Tissue International* 96, 183–195.
- Genest, F., Schneider, M., Zehnder,A., Lieberoth-Leden, D. & Seefried, L. 2021. Differential impact of osteoporosis, sarcopenia and obesity on physical performance in aging men. *Endocrine CONNECTIONS* 10 (3), 256–264.
- Ghekas, N., Anagnostis, P., Paraschou, V., Stamiris, D., Dellis, S., Kenanidis, E., Potoupnis, M., Tsiridis, E. & Goulis, D. 2021. The effect of vitamin D plus protein supplementation on sarcopenia: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Maturitas* 145, 56–63.
- Goates, S., Du., K., Arensberg, M., Gaillard, T., Guralnik, J. & Pereira, S. 2019. Economic impact of hospitalizations in US adults with sarcopenia. *The Journal of Frailty & Aging* 8, 93–99.
- Guralnik, J., Simonsick, E., Ferrucci, L., Glynn, R., Berkman, L., Blazer, D., Scherr, P. & Wallace, R. 1994. A short physical performance battery assessing lower extremity function: association with self-reported disability and prediction of mortality and nursing home admission. *Journal of Gerontology: Medical Sciences* 49 (2), m85–m94.
- Hawkins, S. & Wiswell, R. 2003. Rate and Mechanism of Maximal Oxygen Consumption Decline with Aging Implications for Exercise Training. *Sports Medicine* 33 (12), 877–888.
- Hunter, S., Pereira, H. & Keenan, K. 2016. The aging neuromuscular system and motor performance. *Journal of Applied Sciences* 121, 982–995.

- Janssen, I., Heymsfield, S., Wang, Z. & Ross, R. 2000. Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged 18–88 yr. *Journal of Applied Physiology* 89 (1), 81–88.
- Janssen, I., Shepard, D., Katzmarzyk, P. & Roubenoff, R. 2004. The healthcare costs of sarcopenia in the United States. *Journal of American Geriatric Society*. 52 (1), 80–85.
- Keller, K. & Engelhardt, M. 2014. Strength and muscle mass loss with aging process. Age and strength loss. *Muscles, Ligaments and Tendons Journal*. 3(4), 346–350.
- Larsson, L., Degens, H., Li, M., Salviati, L., Lee, Y., Thompson, W., Kirkland, J. & Sandri, M. 2019. Sarcopenia: aging-related loss of muscle mass and function. *Physiological Reviews* 99, 427–511.
- Li, R., Xia, J., Zhang, X., Gathirua-Mwangi, W., Guo, J., Li, Y., McKenzie, S. & Song, Y. 2018. Associations of Muscle Mass and Strength with All-Cause Mortality among US Older Adults. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 50 (3), 458–467.
- Liu, C., Cheung, W-H, Li, J., Chow, S., Yu, J., Wong, S., Ip, M., Sung, J. & Wong, R. 2021. Understanding the gut microbiota and sarcopenia: a systematic review. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle* 12 (6), 1393–1407.
- Locquet, M. & Beaudart, C. 2019. Letters to the editor: EWGSOP2 versus EWGSOP1: Impact on the prevalence of sarcopenia and its major health consequences. *Journal of the American Medical Directors Association* 20, 384.
- Lord, S., Murray, s., Chapman, K., Munro, B. & Tiedemann, A. 2002. Sit-to-stand performance depends on sensation, speed, balance, and psychological status in addition to strength in older people. *The Journals of Gerontology: Journal of gerontology. Series A, Biological sciences and medical sciences* 57 (8), m539–m543.
- Malmstrom, T., Miller, D., Simonsick, E., Ferrucci, L. & Morley, J. 2016. SARC-F: a symptom score to predict persons with sarcopenia at risk for poor functional outcomes. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle* 7, 28–36.
- Malmstrom, T. & Morley, J. 2013. SARC-F: A Simple Questionnaire to Rapidly Diagnose Sarcopenia. *Journal of the American Medical Directors Association* 14, 531–532.
- Manini, T. & Clark, B. 2012. Dynapenia and aging: an update. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*. 67A (1), 28–40.
- Marra, M., Sammarco, R., De Lorenzo, A., Iellamo, F., Siervo, M., Pietrobelli, A., Donini, L., Santarpia, L., Cataldi, M., Pisanisi, F. & Contaldo, F. 2019. Assessment of Body Composition in Health and Disease Using Bioelectrical Impedance Analysis (BIA) and

- Dual Energy X-Ray Absorptiometry (DXA): A Critical Overview. *Contrast Media & Molecular Imaging* 3548284.
- Mayhew, A., Amog, K., Phillips, S., Parise, G., McNicholas, P., Souza, R., Thabane, L. & Raina, P. 2019. The prevalence of sarcopenia in community-dwelling older adults, an exploration of differences between studies and within definitions: a systematic review and meta-analyses. *Age and Ageing* 48, 48–56.
- McKay, B., Ogborn, D., Bellamy, L., Tarnopolsky, M. & Parise, G. 2012. Myostatin is associated with age-related human muscle stem cell dysfunction. *The FASEB Journal* 26 (6), 2509–2521.
- McPhee, J., French, D., Jackson, D., Nazroo, J., Pendleton, N. & Degens, H. 2016. Physical activity in older age: perspectives for healthy ageing and frailty. *Biogerontology* 17, 567–580.
- Metsämuuronen, J. 2011. Tutkimuksen tekemisen perusteet ihmistieteissä: e-kirja Opiskelijalaitos. E-kirja 1. painos. Helsinki: International Methelp Oy.
- Middleton, A. & Lusardi, M. 2015. Walking speed: the functional vital sign. *Journal of aging and physical activity*, 23 (2), 314–322.
- Mijnarends, D., Meijers, J., Halfens, R., ter Borg, S., Luiking, Y., Verlaan, S., Schoberer, D., Cruz Jentoft, A., van Loon Prof, L. & Schols, J. 2013. Validity and Reliability of Tools to Measure Muscle Mass, Strength, and Physical Performance in Community-Dwelling Older People: A Systematic Review. *JAMDA* 14, 170–178.
- Mitchell, W., Williams, J., Atherton, P., Larvin, M., Lund, J. & Narici, M. 2012. Sarcopenia, dynapenia, and the impact of advancing age on human skeletal muscle size and strength; a quantitative review. *Frontiers in physiology* 3, 260.
- Mitsiopoulos, N., Baumgartner, R., Heymsfield, S., Lyons, W. Gallagher, D. & Rossi, R. 1998. Cadaver validation of skeletal muscle measurement by magnetic resonance imaging and computerized tomography. *Journal of Applied Physiology* 85, 115–122.
- Myers, J., Prakash, M., Froelicher, V., Do, D., Partington, S. & Atwood, E. 2002. Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing. *The New England Journal of Medicine* 346 (11), 793–801.
- Mänttari, A., Suni, J., Sievänen, H., Husu, P., Vähä-Ypyä, H., Valkeinen, H., Tokola, K. & Vasankari, T. 2018. Six-minute walk test: a tool for predicting maximal aerobic power

- (VO₂ max) in healthy adults. *Clinical Physiology and Functional Imaging* 38, 1038–1045.
- Newman, A., Simonsick, E., Naydeck, B., Boudreau, R., Kritchevsky, S., Nevitt, M., Pahor, M., Satterfield, S., Brach, J., Studenski, S. & Harris, T. 2006. Association of long-distance corridor walk performance with mortality, cardiovascular disease, mobility limitation, and disability. *Journal of the American Medical Association, JAMA* 296 (17), 2018–2026.
- OECD. 2017. Finland: Country Health Profile 2017. State of Health in the EU. OECD Publishing. Paris/European Observatory on Health Systems and Policies, Brussels. <https://doi.org/10.1787/9789264283367-en>
- Paltamaa, J. 2019. 10 metrin kävelytesti muistitoimintokellolla. TOIMIA-suositus. Viitattu 30.12.2021. <https://www.terveysportti.fi/dtk/tmi>
- Papadopoulou, S., Tsintavis, P., Potsaki, P. & Papandreou, D. 2020. Differences in the prevalence of sarcopenia in community-dwelling, nursing home and hospitalized individuals. a systematic review and meta-analysis. *Journal of Nutrition, Health & Aging* 24 (1), 83–90.
- Paterson, D., Govindasamy, D., Vidmar, M., Cunningham, D. & Koval, J. 2004. Longitudinal Study of Determinants of Dependence in an Elderly Population. *Journal of the American Geriatrics Society* 52 (10), 1632–1638.
- Patil, R., Uusi-Rasi, K., Pasanen, M., Kannus, P., Karinkanta, S. & Sievänen, H. 2012. Sarcopenia and osteopenia among 70–80-year-old home-dwelling Finnish women: prevalence and association with functional performance. *Osteoporosis International* 24 (3), 787–796.
- Pavasini, R., Guralnik, J., Brown, J. ym. 2016. Short physical performance battery and all-cause mortality: systematic review and meta-analysis. *BMC Medicine* 14 (215).
- Perés-Baos, S., Prieto-Potin, I., Román-Blas, J., Sánchez-Pernaute, O., Largo, R. & Herrero-Beaumont, G. 2018. Mediators and patterns of muscle loss in chronic systemic inflammation. *Frontiers in Physiology* 9 (409).
- Peurala, S. & Paltamaa, J. 2019. 6-minuutin kävelytesti. TOIMIA-suositus. Viitattu 30.12.2021. <https://www.terveysportti.fi/dtk/tmi>
- Picca, A. & Calvani, R. 2021. Molecular Mechanism and Pathogenesis of Sarcopenia An Overview. *International Journal of Molecular Sciences* 22, 3032.

- Picca, A., Calvani, R., Cesari, M., Landi, F., Bernabei, R., Coelho-Júnior, J., Marzetti, E. 2020. Biomarkers of Physical Frailty and Sarcopenia: Coming up to the Place? *International Journal of Molecular Sciences* 21, 5635.
- PubMed. 2022. Viitattu 2.2.2022. <https://www.pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/>
- Rikli, R. & Jones, J. 1998. The Reliability and Validity of a 6-Minute Walk Test as a Measure of Physical Endurance in Older Adults. *Journal of Aging and Physical Activity* 6 (4), 363–375.
- Robinson, S., Reginster, J., Rizzoli, R., Shaw, S., Kanis, J., Bautmans, I., Bischoff-Ferrari, H., Bruyère, O., Cesari, M., Dawson-Hughes, B., Fielding, R., Kaufman, J., Landi, F., Malafarina, V., Rollanr, Y., van Loon, L. Vellas, B., Visser, M. & Cooper, C. 2018. Does nutrition play a role in the prevention and management of sarcopenia? *Clinical Nutrition*, 37, 1121–1132.
- Rodrigues, J., Vernus, B., Chelh I., Cassar-Malek, I., Gabillard, J., Hadj Sassi, A., Seiliez, I., Picard, B. & Bonnieu, A. 2014. Myostatin and the skeletal muscle atrophy and hyperthorpy signaling pathways. *Cellular and Molecular Life Sciences* 71, 4361–4371.
- Rodríguez-Rejón, A., Ruiz-López, M., Wanden-Berghe, C. & Artacho, R. 2019. Prevalence and Diagnosis of Sarcopenia in Residential Facilities: A Systematic Review. *Advances in Nutrition* 10 (1), 51–58.
- Rosenberg, I. 1997. Sarcopenia: Origins and Clinical Relevance. *American Society for Nutritional Sciences* 127 (5), 990S–991S.
- Schoene, D., Wu, S., Mikolaizak, A., Menant, J., Smith, S., Delbaere, K. & Lord, S. 2013. Discriminative ability and predictive validity of the timed up and go test in identifying older people who fall: systematic review and meta-analysis. *Journal of American Geriatric Society* 61 (2), 202–208.
- Sipilä, S., Tirkkonen A., Hänninen, T., Laukkanen, P., Alen, M., Fielding, R., Kivipelto, M., Kokko, K., Kulmala, J., Rantanen, T., Sihvonen, S., Sillanpää, E., Stigsdotter-Neely, A. & Törmäkangas, T. 2018. Promoting safe walking among older people: the effects of a physical and cognitive training intervention vs. physical training alone on mobility and falls among older community-dwelling men and women (the PASSWORD study): design and methods of a randomized controlled trial. *BMC Geriatrics* 18 (1), 215.

- Sjöblom, S., Suuronen, J., Rikkinen, T., Honkanen, R., Gröger, H. & Sirola, H. 2013. Relationship between postmenopausal osteoporosis and the components of clinical sarcopenia. *Maturitas* 75 (2), 175–180.
- Steffl, M., Sima, J., Sheills, K. & Holmerova, I. 2017a. The increase in health care costs associated with muscle weakness in older people without long-term illnesses in the Czech Republic: results from the Survey of Health, Ageing and Retirement in Europe (SHARE). *Clinical Interventions in Aging* 12, 2003–2007.
- Steffl, M., Bohannon, R., Sontakova, L., Tufano, J., Shiells, K. & Holmerova, I. 2017b. Relationship between sarcopenia and physical activity in older people: a systematic review and meta-analysis. *Clinical Interventions in Aging* 12, 835–845.
- Stenholm, S., Punakallio, A. & Valkeinen, H. 2013. Käden puristusvoima. TOIMIA-suositus. Viitattu 29.12.2021. <https://www.terveysportti.fi/dtk/tmi>
- Studenski, S., Peters, K., Alley, D., Cawthon, P., McLean, R., Harris, T., Ferrucci, L., Guralnik, J., Fragala, M., Kenny, A., Kiel, D., Kritchevsky, S., Shardell, M., Dam, T-T. & Vassileva, M. 2014. The FNIH Sarcopenia Project: Rationale, Study Description, Conference Recommendations, and Final Estimates. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences* 69 (5), 547–558.
- Tieland, M., Trouwborst, I. & Clark, B. 2018. Skeletal muscle performance and ageing. *Journal of cachexia, sarcopenia and muscle* 9, 3–19.
- Tomlinson, B. & Irving, D. 1977. The numbers of limb motor neurons in the human lumbosacral cord throughout life. *Journal of the neurological sciences* 34 (2), 213–219.
- Tosato, M., Marzetti, E., Cesari, M., Saveria, G., Miller, R., Bernabei, R., Landi, F. & Calvani, R. 2017. Measurement of muscle mass in sarcopenia: from imaging to biochemical markers. *Aging Clinical and Experimental Research* 29 (1), 19–27.
- Tournadre, A. Vial, G., Capel, F. Soubrier, M. & Boirie, Y. 2018. Sarcopenia. *Joint Bone Spine* 86 (3), 309–314.
- United Nations. 2019. World Population Ageing 2019: Highlights. (ST/ESA/SER.A/430).
- Valkeinen, H., Stenholm, S., Sainio, P., Pajala, S. & Vaara, M. 2014. SPPB, Lyhyt fyysisen suorituskyvyn testistö. TOIMIA-suositus. Viitattu 29.12.2021. <https://www.terveysportti.fi/dtk/tmi>
- Valkeinen, H., Stenholm, S., Sainio, P., Pajala, S., Vaara, M. & Paltamaa, J. 2019. Timed ”Up & Go” -testi. TOIMIA-suositus. Viitattu 6.2.2022. <https://www.terveysportti.fi/dtk/tmi>

- Valkeinen, H., Stenholm, S., Sainio, P., Pajala, S., Vaara, M. & Paltamaa, J. 2020. Tuoliltaanousutesti, 5 tai 10 kertaa. TOIMIA-suositus. Viitattu 29.12.2021. <https://www.terveysportti.fi/dtk/tmi>
- Valtion ravitsemusneuvottelukunta ja Terveiden ja hyvinvoinnin laitos. 2020. Vireyttä seniorivuosiin – ikääntyneiden ruokasuositus. PunaMusta Oy, Helsinki 2020.
- Wu, R., Ditroilo, M., Delahunt, E. & Vito, G. 2020. Age Related Changes in Motor Function (II). Decline in Motor Performance Outcomes. *International Journal of Sports Medicine* 42, 215–226.
- Wu, P-Y., Huang, K-S., Chen, K-M, Chou, C-P. & Tu, Y-K. 2021. Exercise, Nutrition, and Combined Exercise and Nutrition in Older Adults with Sarcopenia: A Systematic Review and Network Meta-analysis. *Maturitas* 145, 38–48.
- Xu, J., Wan, C., Ktoris, K., Reijnierse, E. & Maier, A. 2021. Sarcopenia Is Associated with Mortality in Adults: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Gerontology* 27, 1–16.
- Yarasheski, K., Bhasin, S., Sinha-Hikim, I., Pac-Loduca, J. & Gonzalez-Cadavid, N. 2002. Serum myostatin-immunoreactive protein is increased in 60–92 year old women and men with muscle wasting. *The Journal of Nutrition, Health and Aging* 6 (5), 343–348.
- Yeung, S., Reijnierse, E., Pham, V., Trappenburg, M., Lim, W., Meskers, C. & Maier, A. 2019. Sarcopenia and its association with falls and fractures in older adults: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle* 10, 485–500.